Manual do Usuário

RISKOptimizer

Otimização com Simulação para o Microsoft Excel

Versão 5.7
setembro, 2010

Palisade Corporation
798 Cascadilla St.
Ithaca, NY USA 14850
+1-607-277-8000
+1-607-277-8001 (fax)
http://www.palisade.com (website)
sales@palisade.com (e-mail)

Copyright Notice
Copyright © 2010, Palisade Corporation.

Reconhecimento de Marcas Registradas
Microsoft, Excel e Windows são marcas registradas da Microsoft Corporation
IBM é marca registrada da International Business Machines, Inc.
Palisade, RISKOptimizer, TopRank, BestFit e RISKview são marcas registradas da Palisade Corporation.
RISK é marca registrada da Parker Brothers, Divisão da Tonka Corporation e é usada sob licença.

–

Índice

Capítulo 1: Introdução **1**

Introdução **3**

Instruções de Instalação **11**

Capítulo 2: Background **15**

O que é o RISKOptimizer? **17**

Otimização Tradicional vs. Otimização com Simulação **25**

Capitulo 3: RISKOptimizer: Passo a passo **33**

Introdução **35**

O Tour do RISKOptimizer **37**

Capítulo 4: Exemplos de Aplicações **61**

Introdução **63**

Alocação Orçamentária **65**

Planejamento de Capacidade **67**

Agendador de Aulas **69**

Fazendo Hedge com Futuros **73**

Sequenciamento "Job Shop" **75**

Balanceamento de Portfólio **79**

Seleção de Portfólio **83**

Risco do Portfólio **85**

O Problema do Caixeiro Viajante **87**

Gerenciamento de Lucro **89**

Capítulo 5: Guia de Referência do RISKOptimizer **91**

Comando de Definição do Modelo **93**

Comando Configurações de Otimização – Aba Geral **119**

Comando Configurações de Otimização – Aba Tempo de Execução **123**

Comando Configurações de Otimização – Aba Visualizar **129**

Comando Configurações de Otimização – Aba Macros **131**

Comando Iniciar Otimização **133**

Comandos de Utilidades **135**

Observador do RISKOptimizer **139**

Capítulo 6: Otimização **151**

Capítulo 7: Algoritmos Genéticos **163**

Introdução **165**

História **167**

Um Exemplo Biológico **171**

Um Exemplo Digital **173**

Capítulo 8: Simulação e Análise de Risco **177**

Introdução **179**

O que é Risco? **181**

Modelando Incerteza no RISKOptimizer **187**

Analisando um modelo com Simulação **189**

Capítulo 9: Extras do RISKOptimizer **191**

Adicionando Restrições **193**

Aumentando a Velocidade **203**

Como a Otimização do RISKOptimizer é implementada **205**

Apêndice A: Automatizando o RISKOptimizer **209**

Apêndice B: Resolução de Dúvidas / Perguntas e Respostas **211**

Resolução de Problemas / Perguntas e Respostas **211**

Apêndice C: Recursos Adicionais **215**

Glossário **221**

Índice Remissivo **229**

Capítulo 1: Introdução

Introdução 3

Por que RISKOptimizer? 3
Problemas Tradicionais de Otimização 3
Otimização de Modelos Incertos 4
Modelagem de Incerteza 4
Otimização Usando Simulação 5
Aplicações Customizadas Usando o RISKOptimizer 6
Aplicações de Otimização com Simulação Usando o RISKOptimizer 6
Antes de Começar 7
Conteúdo da Embalagem 7
Sobre esta Versão 7
O Ambiente Operacional 8
Se precisar de Ajuda 8
Antes de ligar 8
Versões Estudante 10
Requisitos Mínimos para o RISKOptimizer 10

Instruções de Instalação 11

Instruções Gerais de Instalação 11
Remoção do RISKOptimizer 11
A Suíte DecisionTools 12
Como criar Ícones ou Atalhos para o RISKOptimizer 12
Alerta de Segurança de Macros na Inicialização 13
Outras Informações sobre o RISKOptimizer 14
Arquivo Readme do RISKOptimizer 14
Tutorial do RISKOptimizer 14
Aprendendo a usar o RISKOptimizer 14

Introdução

O RISKOptimizer combina simulação e otimização, possibilitando a otimização de modelos que contêm fatores incertos. O RISKOptimizer, através da aplicação de avançadas técnicas de otimização baseadas em algoritmos genéticos e simulação de Monte Carlo pode encontrar soluções ótimas para problemas que são "insolúveis" para otimizadores padrão lineares e não lineares. O RISKOptimizer combina a tecnologia de simulação do @RISK, o add-in de análise de risco da Palisade e o Evolver, o otimizador da Palisade baseado em Algoritmos Genéticos. Usuários com familiaridade com o @RISK e Evolver ou o Solver do Excel deverão ter condições de usar o RISKOptimizer sem muita dificuldade.

O **Manual do Usuário do RISKOptimizer**, que você está lendo neste momento, apresenta uma introdução ao RISKOptimizer e seus princípios básicos e, em seguida, diversas exemplos de aplicações das tecnologias singulares de simulação e algoritmos genéticos. Este manual completo também pode ser usado como guia de referência indexado, pois contém uma descrição e ilustração de cada funcionalidade do RISKOptimizer.

Por que RISKOptimizer?

O RISKOptimizer abre um espectro totalmente novo de problemas para otimização. Com o RISKOptimizer, soluções ótimas podem ser encontradas quando os problemas contêm variáveis fora de seu controle, cujos valores são desconhecidos. Otimizadores como o **Solver** (um otimizador linear e não-linear incluso no Excel) e **Evolver** (um otimizador baseado em algoritmos genéticos da Palisade Corporation) não conseguem encontrar soluções ótimas quando as faixas de valores possíveis são inseridas para fatores incertos de um modelo.

Problemas Tradicionais de Otimização

Os problemas de otimização tradicionalmente analisados pelo Solver ou Evolver consistem de:

- Um output ou célula "alvo" que se deseja minimizar ou maximizar
- Um conjunto de inputs ou "células ajustáveis" cujos valores são controláveis
- Um conjunto de restrições que precisam ser atendidas, em geral especificadas por meio de expressões como CUSTOS<100 ou A11>=0

Durante uma otimização no Solver ou Evolver, as células ajustáveis são alteradas dentro de faixas especificadas por você. Para cada conjunto possível de valores das células ajustáveis, o modelo é recalculado e um novo valor é gerado para a célula-alvo. Quando a otimização se completa, uma solução ótima (combinação dos valores das células ajustáveis) é encontrada. Esta solução é a combinação de valores de células ajustáveis que gera o melhor valor (mínimo ou máximo) para a célula-alvo satisfazendo, ao mesmo tempo, as restrições inseridas.

Otimização de Modelos Incertos

Quando um modelo contém elementos incertos, entretanto, nem o Solver nem o Evolver conseguem gerar soluções ótimas. No passado, muitos modelos de otimização simplesmente ignoravam a incerteza, tornando os modelos pouco realísticos mas otimizáveis. Quando era realizada uma tentativa de encontrar valores ótimos através do uso de simulação, uma abordagem de "força-bruta" era empregada para procurar valores para as células ajustáveis à base de iterações. Este procedimento envolvia rodar uma simulação inicial, alterar um ou mais valores, rodar novamente a simulação e repetir o processo até que parecesse que a solução ótima havia sido encontrada. Este tipo de processo é demorado e, em geral, não deixa claro como os valores devem ser alterados de uma simulação para outra.

Com o RISKOptimizer, a incerteza presente no modelo pode ser incluída, e soluções ótimas confiáveis, que levam em conta a incerteza, podem ser geradas. O RISKOptimizer usa a simulação (do @RISK) para lidar com a incerteza presente no modelo e usa algoritmos genéticos (do *Evolver*) para gerar valores possíveis para as células ajustáveis. O resultado desta "otimização com simulação" é a combinação de valores para as células ajustáveis que minimizem ou maximizem uma estatística para os resultados da simulação, para determinada célula-alvo. Você pode, por exemplo, desejar encontrar a combinação de valores de células ajustáveis que maximize a média da distribuição de probabilidade da célula-alvo, ou que minimize o desvio padrão.

Modelagem de Incerteza

Para modelar incerteza, o RISKOptimizer permite que você descreva os valores possíveis para qualquer elemento na planilha usando as funções de distribuição de probabilidade disponíveis no *@RISK*. Um valor de 10 em uma célula da planilha, por exemplo, poderia ser substituído pela função do *@RISK =RiskNormal(10,2)*. Este comando especifica que os possíveis valores para a célula são descritos por uma distribuição normal com a média 10 e o desvio padrão 2. Assim como no *@RISK*, as distribuições de probabilidade podem ser correlacionadas usando funções do *@RISK* como *RiskCorrmat* e *DepC*.

Otimização Usando Simulação

Ao efetuar uma otimização, o RISKOptimizer roda uma simulação completa para cada solução teste gerada pelo otimizador baseado em AG (Algoritmos Genéticos). Em cada iteração da simulação de uma solução teste, as funções de distribuição de probabilidade na planilha são amostradas e um novo valor para a célula-alvo é gerado. No final da simulação, o resultado da solução teste é a estatística para a distribuição da célula-alvo que se deseja minimizar ou maximizar. Este valor é então retornado para o otimizador e usado pelos algoritmos genéticos para gerar novas e melhores soluções de teste. Para cada nova solução teste, é rodada outra simulação e gerado outro valor para a estatística alvo.

Como nos otimizadores tradicionais, as restrições que devem ser atendidas podem ser inseridas no RISKOptimizer. As restrições podem ser verificadas a cada iteração da simulação (uma **restrição de "iteração"**) ou ao final de cada simulação (uma **restrição de "simulação"**). As restrições de Iteração em geral são restrições tradicionais, semelhantes às usadas no Solver ou Evolver, como *A11>1000*. As restrições de Simulação são restrições que fazem referência a uma estatística da distribuição de resultados simulados correspondente a qualquer célula especificada no modelo. Uma restrição de simulação típica seria "*Média de A11>1000*", ou seja, a média da distribuição de resultados simulados para A11 deve ser maior que 1000. Da mesma forma que no Evolver, as restrições podem ser rígidas ou flexíveis; uma restrição rígida violada faz com que a solução teste seja rejeitada.

Quando um grande número de simulações está sendo rodado pelo RISKOptimizer, são usadas duas técnicas importantes para minimizar o tempo de execução e gerar soluções ótimas com a máxima rapidez possível. Primeiramente, o RISKOptimizer usa monitoramento de convergência para determinar quando um número suficiente de iterações foi rodado (suficiente, mas não excessivo!). Isto assegura que a estatística resultante da distribuição de probabilidade da célula-alvo seja estável, e que quaisquer estatísticas de distribuições de output referenciadas nas restrições sejam estáveis. Em seguida, o RISKOptimizer usa operadores genéticos do Evolver para gerar soluções de teste que se direcionam a uma solução ótima tão rápido quanto possível.

Resultados da Simulação

O RISKOptimizer possui um conjunto de funções estatísticas de simulação que podem ser usadas para retornar resultados da simulação diretamente na planilha. A função *RiskMean (referência a célula)*, por exemplo, retorna a média da distribuição simulada diretamente a uma célula ou fórmula da planilha. Além disso, qualquer modelo construído no RISKOptimizer pode ser diretamente simulado no @RISK, o add-in da Palisade Corporation para análise de risco e simulação no Excel, quando você deseja obter gráficos detalhados e estatísticas da melhor solução para o modelo encontrado pelo RISKOptimizer. Como a simulação do RISKOptimizer é baseada no @RISK, não é necessário fazer nenhuma mudança no modelo do RISKOptimizer para simulá-lo no @RISK!

Aplicações Customizadas Usando o RISKOptimizer

O RISKOptimizer possui uma linguagem completa de macros para a construção de aplicações customizadas que usam as funcionalidades do RISKOptimizer. As funções customizadas do RISKOptimizer podem ser utilizadas no Visual Basic for Applications (VBA) para ajustar e rodar otimizações e exibir os resultados das otimizações. Para obter mais informações sobre a interface de programação, veja o documento de ajuda do Guia de Desenvolvimento do RISKOptimizer, disponível no menu Ajuda do RISKOptimizer.

Aplicações de Otimização com Simulação Usando o RISKOptimizer

A disponibilidade de otimização para modelos incertos possibilita solucionar muitos problemas anteriormente "não-otimizáveis". Como regra, qualquer modelo que possui elementos incertos pode ser otimizado através da combinação de simulação e otimização, incluindo:

- Seleção de níveis de produção e capacidade ótimos para novos produtos com condições de mercado incertas
- Identificação de níveis ótimos de estoque com demanda incerta
- Alocação de Portfólio para minimização de risco
- Identificação do mix ótimo de produtos de uma fábrica com mercados geograficamente distribuídos e níveis de demanda incertos
- Determinação de níveis ótimos para compra de opções fazendo um hedge
- Gerenciamento de Retorno quando o mesmo produto é vendido a diferentes preços sob diferentes restrições
- Sequenciamento com tempos de tarefa incertos

Antes de Começar

Antes de instalar e começar a trabalhar com o RISKOptimizer, certifique-se de que o pacote do RISKOptimizer veio com todos os itens necessários, e que seu computador atenda aos requisitos mínimos para o uso correto.

Conteúdo da Embalagem

O RISKOptimizer é expedido com a versão Industrial do @RISK e da Suíte DecisionTools. O CD-ROM do @RISK Industrial contém o add-in para o Excel RISKOptimizer, vários exemplos do RISKOptimizer bem como uma sistema totalmente indexado de ajuda on-line, além de arquivos do @RISK para Excel contidos no @RISK Industrial para Excel. A versão Industrial da Suíte DecisionTools contém todos os itens acima, além de aplicações adicionais.

Sobre esta Versão

Esta versão do RISKOptimizer pode ser instalada como programa de 32-bits para o Microsoft Excel 2000 ou versão mais recente.

O Ambiente Operacional

Este Manual do Usuário pressupõe que você tenha um conhecimento geral do sistema operacional Windows e do Excel. Mais especificamente, também pressupões que:

- *Você tenha familiaridade com o seu computador e o uso do mouse.*
- *Você tenha familiaridade com termos como ícones, clique, duplo clique, menu, janela, comando e objeto.*
- *Você compreenda conceitos básicos como estrutura de diretórios e nome de arquivos.*

Se precisar de Ajuda

Suporte técnico é disponibilizado gratuitamente para todos os usuários registrados do @RISK com plano de manutenção corrente, ou será fornecido a uma taxa por incidente. Para assegurar que você seja usuário registrado do @RISK, **favor registrar-se on-line no site www.palisade.com/support/register.asp**.

Ao entrar em contato conosco por telefone, pedimos que tenha seu número de série e o Manual do Usuário à mão. Podemos prestar melhor suporte técnico se você estiver na frente do seu computador e pronto para o trabalho.

Antes de ligar

Antes de contatar o suporte técnico, favor revisar a lista de itens a seguir:

- *Você consultou a ajuda on-line?*
- *Você consultou este Manual do Usuário e assistiu aos tutoriais multimídia on-line?*
- *Você leu o arquivo README? Esse documento contém informações sobre o @RISK que talvez não estejam incluídas nesta manual.*
- *Você pode reproduzir o problema de forma consistente? Você poderia reproduzir o problema em outro computador ou com outro modelo?*
- *Você consultou nosso site na Internet? O endereço de acesso é **http://www.palisade.com**. Nosso site também tem uma área com as mais recentes FAQs (uma base de dados de perguntas e respostas de suporte técnico, com mecanismo de busca) e os patches do @RISK na seção de suporte técnico. Recomendamos que acessar nosso site regularmente para obter as informações mais recentes sobre o @RISK e outros softwares da Palisade.*

Como contatar a Palisade

A Palisade Corporation aprecia suas perguntas, comentários ou sugestões sobre o @RISK. Contate nossa equipe de suporte técnico por qualquer um dos métodos a seguir:

- *E-mail: support@palisade.com*
- *Telefone: +1-607-277-8000, todos os dias da semana das 9h às 17h, horário padrão de Nova York. Siga a gravação para chegar ao Suporte Técnico*
- *Fax: +1-607-277-8001.*
- *Endereço para correspondência:*

  Technical Support
  Palisade Corporation
  798 Cascadilla St
  Ithaca, NY 14850
  EUA

Se quiser contatar a Palisade Europa:

- *E-mail: support@palisade-europe.com*
- *Telefone: +44 1895 425050 (RU).*
- *Fax: +44 1895 425051 (RU).*
- *Endereço para correspondência:*

  Palisade Europe
  31 The Green
  West Drayton
  Middlesex
  UB7 7PN
  Reino Unido

Se quiser contatar a Palisade Ásia-Pacífico:

- *E-mail: support@palisade.com.au*
- *Telefone: +61 2 9252 5922 (AU).*
- *Fax: +61 2 9252 2820 (AU).*
- *Endereço para correspondência:*
  Palisade Asia-Pacific Pty Limited
  Suite 404, Level 4
  20 Loftus Street
  Sydney NSW 2000
  AUSTRÁLIA

Independentemente da forma de contato, não deixe de incluir o nome do produto, versão exata e número de série. O número exato da versão pode ser obtido selecionando o comando Sobre no menu Ajuda do @RISK no Excel.

Versões Estudante

Suporte telefônico não está disponível para a versão de estudante do @RISK. Se precisar de ajuda, recomendamos as seguintes alternativas:

- *Consulte seu professor ou professor assistente.*
- *Entre em http://www.palisade.com para ver as respostas às perguntas mais freqüentes.*
- *Contate nosso departamento de suporte técnico via e-mail ou fax.*

Requisitos Mínimos para o RISKOptimizer

Os requisitos mínimos de sistema para o RISKOptimizer incluem:

- *Computador PC com processador Pentium ou mais rápido, com disco rígido.*
- *Microsoft Windows 2000 SP4 ou versão mais recente.*
- *Microsoft Excel 2000 ou versão mais recente.*

Instruções de Instalação

O RISKOptimizer é um add-in do Microsoft Excel. Adicionando comandos às barras de menu do Excel, o RISKOptimizer melhora a funcionalidade do programa de planilha eletrônica.

Instruções Gerais de Instalação

O programa de Setup copia os arquivos de sistema do RISKOptimizer em um diretório especificado por você no disco rígido. Para rodar o programa de Setup no Windows 2000 ou versão mais recente:

1) *Insira o CD-ROM da Versão Industrial do @RISK ou da Suite DecisionTools em seu drive de CD-ROM*
2) *Clique no botão Iniciar, clique em Configurações e, em seguida, em Painel de Controle*
3) *Dê um clique duplo no ícone Adicionar/Remover Programas*
4) *Na aba Instalar/Remover, clique no Botão Instalar*
5) *Siga as instruções do Setup apresentadas na tela*

Se tiver algum problema ao instalar o RISKOptimizer, verifique se há espaço suficiente no drive em que está tentando instalar. Após liberar espaço suficiente, tente rodar novamente a instalação.

***Remoção do* RISKOptimizer**

Se quiser remover o RISKOptimizer (junto com a versão Industrial do @RISK ou da Suite DecisionTools) de seu computador, use a utilidade Adicionar/Remover Programas do Painel de Controle e selecione o item correspondente ao @RISK ou à Suite DecisionTools.

A Suíte DecisionTools

O RISKOptimizer pode ser usado com a Suíte DecisionTools, um conjunto de programas para análise de decisão e risco da Palisade Corporation. O procedimento de instalação padrão do RISKOptimizer coloca o software em um subdiretório do diretório "Arquivos de Programas/Palisade". É bastante similar à forma que o Excel é instalado em um subdiretório do diretório "Microsoft Office".

Um dos subdiretórios do diretório Arquivos de Programas/Palisade será o diretório do RISKOptimizer (que por padrão se chama RISKOptimizer5). Esse diretório contém o arquivo add-in do programa (RISKOPT.XLA), além de arquivos com exemplos de modelos e outros arquivos necessários para rodar o @RISK. Outro subdiretório do Arquivos de Programas/Palisade é o diretório SYSTEM, que contém arquivos necessários para todos os programas da Suíte DecisionTools, incluindo arquivos de ajuda comuns e bibliotecas de programas.

Como criar Ícones ou Atalhos para o RISKOptimizer

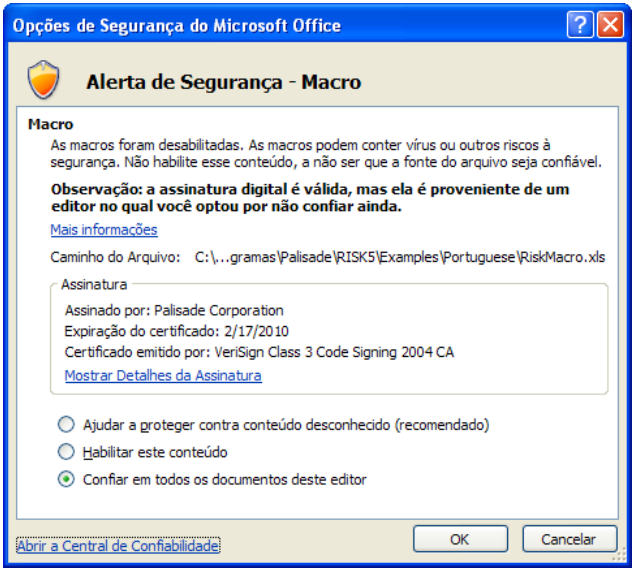
No Windows, o setup cria automaticamente um comando do RISKOptimizer no menu Programas, na Barra de Tarefas. Entretanto, se ocorrer algum problema durante o Setup ou se você quiser fazer isto manualmente, siga estas instruções.

1) *Clique no botão Iniciar e, em seguida, em Configurações.*
2) *Clique na Barra de Tarefas e, em seguida, no Menu Inicia; depois, clique na aba de programas do menu Iniciar.*
3) *Clique em Adicionar e, em seguida, em Procurar.*
4) *Localize o arquivo RISKOPT.EXE e dê um duplo clique.*
5) *Clique em Avançar; em seguida, dê um duplo clique no menu no qual deseja que o programa apareça.*
6) *Digite o nome "RISKOptimizer" e clique em Concluir.*

Alerta de Segurança de Macros na Inicialização

O Microsoft Office possui várias configurações de segurança para impedir que macros indesejadas ou danosas sejam rodadas em aplicações do Office. Uma mensagem de segurança aparece cada vez que você tenta carregar um arquivo com macros, a menos que você use a configuração de segurança mais baixa. Para impedir que essa mensagem apareça cada vez que você rodar um add-in da Palisade, a Palisade inclui assinatura digital nos arquivos do add-in. Assim, uma vez que você tenha especificado a Palisade como uma fonte segura, poderá abrir qualquer add-in da Palisade sem mensagens de segurança. Para fazer isso:

- Clique **Confiar em todos os documentos deste editor** quando aparecer um alerta de segurança (como na figura a seguir) ao inicializar o RISKOptimizer.



Outras Informações sobre o RISKOptimizer

Informações adicionais sobre o RISKOptimizer podem ser acessadas nas seguintes fontes:

***Arquivo Readme* do RISKOptimizer**

Este arquivo contém um breve sumário do RISKOptimizer, bem como todas as novidades da última versão do software. Leia o arquivo selecionando o Menu Iniciar / Programas / Palisade DecisionTools/ Readme e clicando no RISKOptimizer 5.5 – Readme. Sugerimos ler este arquivo antes de usar o RISKOptimizer.

***Tutorial do* RISKOptimizer**

O tutorial on-line do RISKOptimizer fornece a usuários de primeira viagem uma rápida introdução ao RISKOptimizer e aos Algoritmos Genéticos. A apresentação leva apenas alguns minutos. Veja a seção Aprendendo a usar o RISKOptimizer, abaixo, para obter informações sobre como acessar o tutorial.

Aprendendo a usar o RISKOptimizer

O modo mais rápido de se familiarizar com o RISKOptimizer é assistir ao Tutorial Online do RISKOptimizer, um vídeo curto em que experts demonstram de forma clara o uso modelos simples. O tutorial é uma apresentação multimídia das principais funcionalidades do RISKOptimizer.

O tutorial pode ser rodado selecionando-se o comando **Tutorial de Início Rápido, no menu Ajuda do RISKOptimizer**.

Capítulo 2: Informações Gerais

O que é o RISKOptimizer? 17

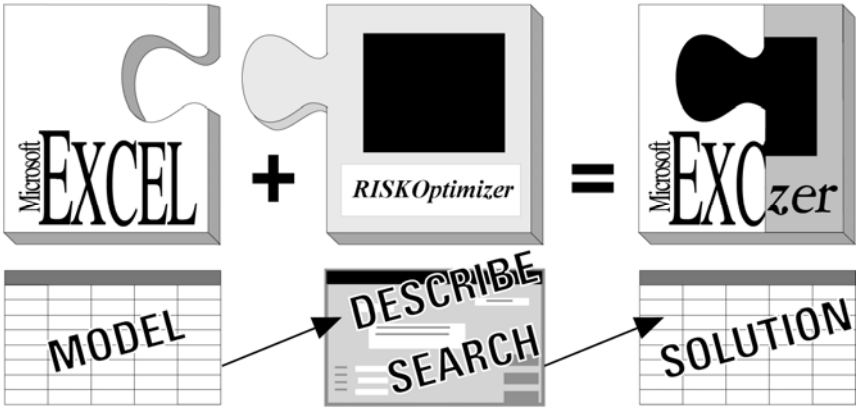
Como o RISKOptimizer funciona? 18
Algoritmos Genéticos 18
Distribuições de Probabilidade e Simulação 18
O que é Otimização? 19
Por que Construir Modelos no Excel? 20
Modelagem de Incertezas em Modelos do Excel 21
Uso de Simulação para Levar em Conta a Incerteza 22
Por que Usar o RISKOptimizer? 22
Mais Preciso, Mais Significativo 23
Mais Flexível 23
Mais Fácil de Usar 24

Otimização Tradicional comparada à Otimização com Simulação 25

Processo de Otimização Tradicional em Planilha 25
O Processo de Otimização com Simulação 26
Cada etapa de Otimização com o RISKOptimizer 27
Inserindo Distribuições de Probabilidade 27
Identificando a Célula-alvo e Estatística 28
Inserindo Valores Ajustáveis 29
Inserindo as Restrições 29
Definindo as Opções de Otimização e Simulação 30
Executando a Otimização 31

O que é o RISKOptimizer?

O pacote de software RISKOptimizer fornece ao usuário uma forma fácil para encontrar soluções ótimas para modelos que incluem incerteza. Ou seja, o RISKOptimizer encontra os melhores inputs que produzem o output desejado da simulação. Você pode usar o RISKOptimizer para encontrar o melhor mix, ordem ou agrupamento de variáveis que produz o valor esperado mais elevado de lucros, o mínimo risco (isto é, a mínima variância) de lucros, ou o máximo valor esperado de mercadorias em relação à mínima quantidade de materiais. O RISKOPtimizer é um add-in para o programa de planilha eletrônica Microsoft Excel; o usuário define um modelo de seu problema no Excel e, em seguida, chama o RISKOptimizer para resolvê-lo.



Primeiro, é necessário modelar o problema no Excel
e, em seguida, descrevê-lo no RISKOptimizer.

O Excel fornece todas as fórmulas, funções, gráficos e recursos de macro que a maioria dos usuários precisa para criar modelos realísticos de seus problemas. O RISKOptimizer fornece a interface para descrever a incerteza do modelo e o que o usuário quer saber, e fornece os algoritmos para encontrar este resultado. Juntos, esses programas podem encontrar soluções ótimas para praticamente qualquer problema que possa ser modelado.

Como o RISKOptimizer funciona?

O RISKOptimizer utiliza um conjunto exclusivo de ***algoritmos genéticos*** para encontrar soluções ótimas para problemas específicos, empregando também ***distribuições de probabilidade*** e ***simulação*** para lidar com a incerteza presente nos modelos.

Algoritmos Genéticos

Algoritmos Genéticos são usados no RISKOptimizer para encontrar a melhor solução para cada modelo. Algoritmos Genéticos imitam os princípios darwinianos de seleção natural, criando um ambiente em que centenas de possíveis soluções para determinado problema podem competir entre si, e apenas a "mais adaptada" sobreviverá. Assim como na evolução biológica, cada solução pode transmitir seus bons "genes" a soluções "descendentes", de forma que a população inteira de soluções continue a evoluir rumo a melhores soluções.

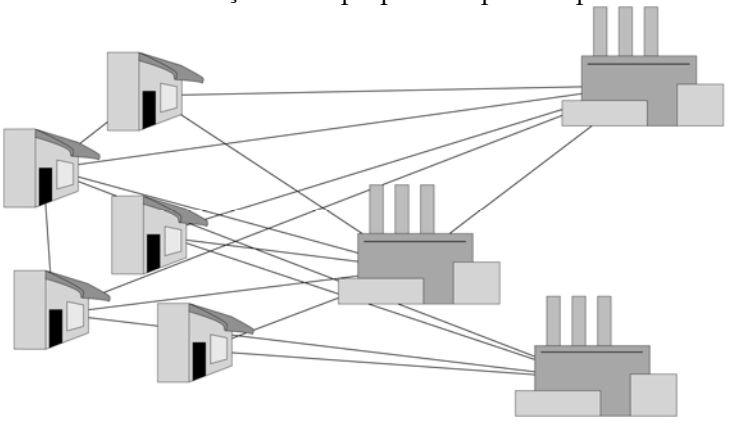
Como você já pode imaginar, a terminologia usada quando se lida com algoritmos genéticos é, em geral, similar à sua inspiração. Falaremos sobre como funções de "crossover" ou intermediárias ajudam a focar a busca de soluções e como as taxas de "mutação" ajudam a diversificar o "pool genético", e avaliaremos toda a "população" de soluções ou "organismos". Para saber mais sobre como os Algoritmos Genéticos do RISKOptimizer funcionam, veja o Capítulo 7 – Algoritmos Genéticos.

Distribuições de Probabilidade e Simulação

As distribuições de probabilidade e a simulação são usadas no RISKOptimizer para lidar com a incerteza presente nas variáveis dos modelos. Estas funcionalidades são extraídas do *@RISK*, o add-in de análise de risco da Palisade Corporation para o Excel. As distribuições de probabilidade são usadas para descrever a faixa de possíveis valores de elementos incertos do modelo, e são inseridas usando distribuições de probabilidade como *RiskTriang(10,20,30)*, o que especificaria que a variável do modelo em questão assumiria um valor mínimo de 10, um valor mais provável de 20 e um valor máximo de 30. em seguida, a simulação é usada para gerar uma distribuição de possíveis resultados para cada possível solução teste gerada pelo otimizador.

O que é Otimização?

Otimização é o processo de tentar encontrar a melhor solução para um problema que tenha muitas soluções possíveis. A maior parte dos problemas envolve muitas variáveis que interagem com base em fórmulas e restrições específicas. Por exemplo, uma empresa pode possuir três fábricas, sendo que cada uma elas fabrica diferentes quantidades de mercadorias distintas. Dado o custo para cada planta produzir cada mercadoria, os custos de transporte de cada fábrica para cada loja e as limitações de cada fábrica, qual a forma ótima de atender adequadamente a demanda das lojas de varejo locais e minimizar os custos de transporte? Este é o tipo de questão que as técnicas de otimização estão preparadas para responder.



A otimização frequentemente é usada para procurar a combinação que produz o máximo em relação aos recursos existentes.

No exemplo acima, cada solução proposta consistiria em uma lista completa de que mercadorias produzidas por cada fábrica são enviadas em que caminhão para que loja de varejo. Outros exemplos de problemas de otimização podem se relacionar a encontrar uma forma de produzir o lucro mais alto, o custo mais baixo, salvar o maior número de vidas, o menor ruído no circuito, a rota mais curta entre diversas cidades ou a combinação mais eficaz para compras de mídia de publicidade. Um subconjunto importante de problemas de otimização refere-se ao sequenciamento, com metas que podem incluir maximizar a eficiência durante um turno de trabalho ou minimizar conflitos de agendamento de grupos em diferentes períodos. Para saber mais sobre otimização, veja o Capítulo 6 - Otimização.

Quando um problema inclui incerteza, os otimizadores tradicionais falham porque não têm a capacidade necessária para levar em conta a incerteza presente em um dado modelo. No exemplo acima, suponhamos que a demanda das lojas de varejo locais seja incerta, isto é, você não sabe exatamente que quantidades de produtos serão demandadas por cada varejista? Com um otimizador tradicional você teria que pressupor uma quantidade específica de demanda para cada loja. Isso permitira que o modelo fosse otimizado; contudo, os níveis de demanda pressupostos farão com que o modelo represente de modo inexato a possível situação real. Com o RISKOptimizer, não há necessidade de pressupor o nível de demanda. Basta descrever todos os níveis de demanda usando uma distribuição de probabilidade e, em seguida, usar a simulação interna do RISKOptimizer para incluir todos os possíveis valores de demanda nos resultados da otimização.

Quando se usa o RISKOptimizer, a melhor solução gerada pelo otimizador não é um único valor mínimo ou máximo para a "célula-alvo" ou objetivo do modelo que se está tentando otimizar, mas, sim, um valor estatístico máximo ou mínimo de simulação para o objetivo. Cada simulação rodada pelo RISKOptimizer gera uma distribuição de possíveis resultados para o seu objetivo. Essa distribuição apresenta uma variedade de estatísticas, como média, desvio padrão, mínimo, etc. No exemplo acima, você pode desejar encontrar a combinação de inputs que maximize a média da distribuição do lucro ou minimize seu desvio padrão.

Para saber mais sobre simulação, veja o Capítulo 8 - Simulação.

Por que Construir Modelos no Excel?

Para aumentar a eficiência de qualquer sistema, é necessário, primeiro, entender como o mesmo se comporta. Esta é a razão pela qual construímos um modelo funcional do sistema. Modelos são abstrações necessárias quando estudamos sistemas complexos, porém, para que os resultados sejam aplicáveis ao "mundo real", o modelo não pode simplificar exageradamente as relações de causa-efeito entre as variáveis. Softwares e computadores cada vez mais avançados permitem aos economistas construírem modelos mais realísticos da economia, aos cientistas melhorar previsões de reações químicas e às empresas aumentar a sensibilidade de seus modelos corporativos.

Nos últimos anos, computadores e programas como o Excel têm avançado de forma tão dramática que praticamente qualquer pessoa que disponha de um computador pode criar modelos realísticos de sistemas complexos. As funções internas do Excel, suas funcionalidades de macro e interface clara e intuitiva permitem a iniciantes modelar e analisar problemas sofisticados. Para saber mais sobre a construção de modelos, veja o Capítulo 9 – Extras do RISKOptimizer.

Modelagem de Incertezas em Modelos do Excel

As variáveis são os elementos básicos dos modelos em Excel que você identificou como ingredientes importantes para a sua análise. Ao modelar uma situação financeira, as variáveis podem ser itens como Vendas, Custos, Receitas ou Lucros. Ao modelar uma situação geológica, as variáveis podem ser elementos como Profundidade do Depósito, Espessura da Camada de Carvão ou Porosidade. Cada situação possui variáveis específicas, identificadas por você.

Às vezes, você sabe que valores as variáveis assumirão durante o período a que o modelo se refere – esses valores têm um grau de certeza; os estatísticos se referem a eles como "determinísticos". Por outro lado, às vezes você não sabe que valores eles irão assumir – são valores incertos ou "estocásticos". Se as variáveis forem incertas, será necessário descrever a natureza da incerteza. Isto é feito através de distribuições de probabilidade que fornecem tanto a faixa de valores que a variável pode assumir (do mínimo ao máximo) quanto a possibilidade de ocorrência de cada valor na faixa. No RISKOptimizer, as variáveis incertas e os valores das células são inseridos como funções de distribuição de probabilidade, por exemplo:

RiskNormal(100,10)

RiskUniform(20,30)

RiskExpon(A1+A2)

RiskTriang(A3/2.01,A4,A5)

Estas funções de "distribuição" podem ser inseridas nas células e fórmulas de sua planilha como qualquer outra função do Excel.

Uso de Simulação para Levar em Conta a Incerteza

O RISKOptimizer utiliza simulação, muitas vezes chamada de Simulação de Monte Carlo, para realizar Análise de Risco em cada possível solução gerada durante uma otimização. A Simulação, neste sentido, se refere ao método pelo qual a distribuição de possíveis resultados é gerada ao se deixar o computador recalcular a planilha diversas vezes, cada vez usando outros conjuntos aleatórios selecionados de valores para as distribuições de probabilidade nos valores e fórmulas de suas células. Na verdade, o computador tenta inserir todas as combinações válidas dos valores de variáveis de input para simular todos os resultados possíveis. É como se você rodasse centenas ou milhares de análises de sensibilidade (what-if) na planilha de uma só vez.

Em cada iteração da simulação, as funções distribuição de probabilidade na planilha são amostradas e um novo valor para a célula-alvo é calculado. No final de cada simulação, o resultado da solução teste é a estatística que você deseja minimizar ou maximizar para a distribuição da célula-alvo. Esse valor é então retornado ao otimizador e utilizado pelos algoritmos genéticos para gerar novas e melhores soluções. Para cada nova solução teste, outra simulação é utilizada e outro valor para a estatística alvo é gerado.

Por que Usar o RISKOptimizer?

Ao se tratar de um grande número de variáveis que interagem. quando você procura a melhor combinação, a ordem correta ou o agrupamento ótimo destas variáveis, pode ser tentador fazer apenas um "chute educado". Um número surpreendente de pessoas pressupõe que qualquer tipo de modelagem e análise, além de chute, requer programação complicada ou algoritmos estatísticos ou matemáticos confusos. Uma boa solução otimizada pode economizar milhões de dólares, milhares de litros de combustível escasso, meses de trabalho, etc. Agora que os computadores estão disponíveis a preços mais acessíveis e software como o Excel e o RISKOptimizer são fáceis de adquirir, não há motivo para chutar soluções ou perder tempo valioso tentando modelar cenários manualmente.

Mais Preciso, Mais Significativo

O RISKOptimizer permite que você use toda a gama de fórmulas e distribuições de probabilidade do Excel para construir modelos mais realísticos de qualquer sistema. Ao utilizar o RISKOptimizer, você não precisa comprometer a exatidão do modelo porque o algoritmo que você está usando não consegue lidar com as complexidades do mundo real. Os otimizadores tradicionais (ferramentas de programação linear e estatística) forçam o usuário a fazer pressuposições sobre como as variáveis interagem no problema real, forçando-o, ainda a construir modelos irreais e muito simplificados de seus problemas. As ferramentas forçam o usuário a atribuir valores a variáveis incertas, porque o otimizador não consegue processar várias faixas de valores para os componentes incertos do modelo. Após o usuário simplificar suficientemente o sistema até o grau necessário para usar esses otimizadores, a solução resultante é em geral muito abstrata para ser colocada em prática. Os problemas que envolvem um grande número de variáveis, funções não lineares, tabelas de referência, declarações hipotéticas (if-then), queries de bancos de dados ou elementos aleatórios (estocásticos) não podem ser solucionados por esses métodos, não importa quão simples você torne os seus modelos.

Mais Flexível

Há muitos algoritmos de otimização que fazem um bom trabalho na resolução de problemas pequenos lineares ou não lineares, incluindo hill-climbing, baby solvers e outros métodos matemáticos. Mesmo quando apresentadas como add-ins de planilha, estas ferramentas de otimização de propósito geral podem realizar apenas a otimização numérica. Para problemas maiores ou mais complexos, às vezes é possível produzir algoritmos específicos e customizados para obter bons resultados, mas isso requer muita pesquisa e desenvolvimento. Mesmo assim, o programa resultante necessitará de modificação cada vez que for feita uma modificação no modelo.

Além de lidar com problemas numéricos, o RISKOptimizer é o único programa comercial no mundo inteiro que tem capacidade para resolver a maioria dos problemas combinatórios. Esses problemas são aqueles em que as variáveis precisam ser misturadas (permutadas) ou combinadas entre si. Por exemplo, escolher a ordem de rebatedores de um time de baseball é um problema combinatório; é uma questão de trocar as posições de jogadores na escalação. Problemas combinatórios de sequenciamento também são combinatórios. O RISKOptimizer pode resolver todos esses tipos de problemas e muitos outros que não podem ser resolvidos por outros sistemas. A tecnologia única de *algoritmos genéticos e simulação* do RISKOptimizer possibilita otimizar praticamente qualquer tipo de modelo, de qualquer tamanho e complexidade.

Mais Fácil de Usar

Apesar de suas vantagens óbvias em termos de capacidade e flexibilidade, o RISKOptimizer é fácil de usar, pois não é necessário entender as técnicas complexas de algoritmos genéticos que ele emprega. O RISKOptimizer simplesmente não se preocupa com os detalhes do seu problema; a única coisa de que ele precisa é um modelo em planilha para que possa avaliar quão bons são os diferentes cenários. Basta selecionar as células da planilha que contêm as variáveis e especificar ao RISKOptimizer o que você está buscando. O RISKOptimizer esconde inteligentemente a tecnologia difícil, automatizando o processo de análise do problema.

Embora muitos programas comerciais tenham sido desenvolvidos para programação matemática e construção de modelos, as planilhas são, incomparavelmente, a forma mais usada, literalmente com milhões de vendas a cada mês. Com seu formato intuitivo de linha e coluna, as planilhas são mais fáceis de configurar e manter que outros pacotes dedicados. Elas também são mais compatíveis com outros programas, como processadores de texto e bancos de dados, e oferecem mais recursos internos, como fórmulas, opções de formatação, gráficos e funcionalidades de macro, em comparação a qualquer pacote de otimização autônomo. Como o RISKOptimizer é um add-in para o Excel, os usuários têm acesso a todas as funções e ferramentas de desenvolvimento de que necessitam para construir facilmente modelos mais realistas de seus sistemas.

Otimização Tradicional comparada à Otimização com Simulação

O RISKOptimizer combina simulação e otimização para permitir a otimização de modelos com fatores incertos. O otimizador utiliza os resultados de execuções sucessivas do modelo de simulação para direcionar sua busca de soluções melhores e mais próximas do ótimo. Esta seção fornece informações gerais sobre como a simulação e a otimização funcionam em conjunto no RISKOptimizer.

Processo de Otimização Tradicional em Planilha

No processo tradicional de otimização de uma planilha usando um add-in de otimização como o Solver ou o Evolver, as seguintes etapas são realizadas:

1) É identificado um output ou célula "alvo" que se deseja minimizar ou maximizar.

2) Também é identificado um conjunto de células de input ou "ajustáveis"cujos valores podem ser controlados, e são descritas as faixas de valores possíveis para essas células.

3) É inserido um conjunto de restrições que precisam ser atendidas, em geral utilizando expressões como CUSTOS<100 ou A11>=0.

4) É executada uma otimização na qual a planilha é recalculada sucessivas vezes usando diferentes valores possíveis para as células ajustáveis.

5) Durante esse processo:

   a) Cada recálculo gera uma nova "resposta" ou valor para a célula-alvo.

   b) O otimizador usa este novo valor da célula-alvo para selecionar o novo conjunto de valores a ser testado para as células ajustáveis.

   c) Outro recálculo é realizado, fornecendo outra nova resposta que o otimizador pode usar para identificar um novo conjunto de valores para as células ajustáveis.

Este processo descrito na etapa 5) é repetido várias vezes, à medida que o otimizador prossegue na identificação de uma soluções ótima,

ou seja, um conjunto de valores para as células ajustáveis que minimize ou maximize o valor da célula-alvo.

O Processo de Otimização com Simulação

A otimização com simulação utilizando o @RISK segue várias das mesmas etapas do processo de otimização tradicional em planilha aqui destacado. Entretanto, são feitas mudanças para 1) **permitir a inserção de incerteza na planilha** e 2) **usar simulação ao invés do simples recálculo da planilha** para fornecer a nova "resposta" da célula-alvo que realimenta o otimizador e o direciona na obtenção de um novo conjunto de valores para as células ajustáveis.

O novo processo para otimização com simulação usando o RISKOptimizer é descrito abaixo; as diferenças em relação à otimização tradicional em planilha estão em negrito:

1) Funções de Distribuição de Probabilidade são usadas para descrever a faixa de valores possíveis para os elementos incertos do modelo.

2) É identificado um output ou célula "alvo", **e é selecionada a estatística de simulação (média, desvio padrão, etc.) para a célula que você deseja minimizar ou maximizar.**

3) É identificado um conjunto de células de input ou "ajustáveis"cujos valores podem ser controlados e são descritas as faixas de possíveis valores para as células.

4) É inserido um conjunto de restrições que precisam ser atendidas, em geral usando expressões como CUSTOS<100 ou A11>=0 . **Também podem ser inseridas restrições adicionais baseadas em estatísticas da simulação (ex.: percentil 95% de A11>1000).**

5) É executada uma otimização na qual a planilha é **simulada** sucessivas vezes, sendo que **cada simulação** usa diferentes valores possíveis para as células ajustáveis. Durante este processo:

   a) Cada simulação gera uma nova distribuição de valores possíveis para a célula-alvo. A estatística que você deseja minimizar ou maximizar é calculada a partir dessa distribuição.

   b) **O otimizador usa a nova estatística** para a célula-alvo, para selecionar o próximo conjunto de valores que tentará usar para as células ajustáveis.

   c) É realizada **outra simulação**, fornecendo outra nova **estatística** que o otimizador pode usar para identificar um novo conjunto de valores para as células ajustáveis

Este processo descrito na etapa 5) é repetido vezes, à medida que o otimizador prossegue na identificação de uma soluções ótima, ou seja, um conjunto de valores para as células ajustáveis que minimize ou maximize a estatística para os resultados da simulação na célula-alvo.

Cada etapa de Otimização com o RISKOptimizer

Cada etapa do processo de otimização com simulação usado pelo RISKOptimizer é detalhado nesta seção:

Inserindo Distribuições de Probabilidade

As distribuições de probabilidade são usadas no RISKOptimizer para descrever a incerteza presente nos componentes do modelo. Por exemplo, você poderia inserir *RiskUniform(10,20)* em uma célula de sua planilha, especificando que os valores para a célula serão gerados através de uma distribuição uniforme com o mínimo de 10 e o máximo de 20. Essa faixa de valores substitui o valor único fixo requerido pelo Excel. Na otimização tradicional em planilha, nenhuma incerteza pode ser adicionada ao modelo, portanto, não são usadas distribuições de probabilidade.

No RISKOptimizer, a simulação do seu modelo é rodada para cada possível combinação de valores de input gerados pelo otimizador. As funções de Distribuição são usadas pelo RISKOptimizer durante estas simulações, para conjuntos amostrados de valores possíveis. Cada iteração de uma simulação usa um novo conjunto de valores amostrados de cada função de distribuição da sua planilha. Esses valores são então usados no recálculo da sua planilha e na geração de um novo valor para sua célula-alvo.

Assim como nas funções do Excel, as funções de distribuição possuem dois elementos: o nome da função e os valores de argumentos, que são inseridos entre parênteses. Uma função de distribuição típica é:

RiskNormal(100,10)

Da mesma forma que as funções do Excel, as funções de distribuição podem ter argumentos que fazem referência a células ou expressões. Por exemplo:

RiskTriang(B1,B2*1.5,B3)

Neste caso, o valor da célula será especificado por uma distribuição triangular com um valor mínimo extraído da célula B1, um valor mais provável calculado pela multiplicação de 1,5 pelo valor da célula B2 e um valor máximo obtido da célula B3.

As funções de Distribuição também podem ser usadas em fórmulas, como as funções do Excel são. Por exemplo, a fórmula de um célula pode ser:

B2: 100+RiskUniform(10,20)+(1.5*RiskNormal(A1,A2))

Para obter mais informações sobre como inserir distribuições de probabilidade, veja a Referência: Funções de Distribuição no manual ou na Ajuda do @RISK.

Identificando a Célula-alvo e Estatística

Tanto no RISKOptimizer quanto na otimização tradicional em planilha, é identificada uma célula-alvo. Esta é a célula cujo valor você está tentando minimizar ou maximizar, ou a célula cujo valor você quer tornar o mais próximo possível de um valor predefinido. Normalmente, este é o "resultado" do seu modelo – *lucro, total geral do modelo, etc.* – mas pode ser qualquer célula da planilha. A célula precisa conter uma fórmula que retorne valores diferentes quando os valores nas células ajustáveis se alteram.

No RISKOptimizer, você não está minimizando ou maximizando o valor da célula-alvo, propriamente dito; você está **minimizando ou maximizando uma "estatística" associada aos resultados da simulação para a célula-alvo**. Durante uma otimização, o RISKOptimizer roda simulações sucessivas, cada uma com um conjunto de valores diferentes para as células ajustáveis. Cada simulação gera uma distribuição de resultados possíveis para a célula-alvo. Você está buscando o conjunto de células ajustáveis para, por exemplo, maximizar a média da distribuição de célula-alvo ou minimizar seu desvio padrão.

No RISKOptimizer, você tem mais opções com relação ao que você deseja minimizar ou maximizar (*média, desvio padrão, mínimo, etc.*) porque – para cada solução tentada pelo otimizador – a simulação associada não gera apenas uma resposta. A simulação gera uma distribuição completa de valores possíveis para a célula-alvo, com um valor mínimo, máximo, média, desvio padrão e outros. Uma otimização tradicional gera apenas um item – um novo valor para a célula-alvo – em cada solução tentada pelo otimizador, e esse valor é a única seleção possível para minimizar ou maximizar.

Inserindo Valores Ajustáveis

Células ajustáveis são inseridas de forma semelhante, tanto na otimização tradicional com planilha quanto no RISKOptimizer. Para cada célula que pode ser alterada durante uma otimização, é inserido um valor mínimo possível e um valor máximo possível.

Como o otimizador utilizado pelo RISKOptimizer é baseado no Evolver, a inserção de células ajustáveis no RISKOptimizer oferece as mesmas opções do Evolver, incluindo taxa de mutação, método de solução e operadores genéticos. Para saber mais sobre como inserir células ajustáveis, veja a seção ***"Faixas de Células Ajustáveis"*** no Capítulo 5: Referência do RISKOptimizer.

Inserindo as Restrições

Tanto no RISKOptimizer como na otimização tradicional com planilha, podem ser inseridas restrições rígidas que devem obrigatoriamente ser atendidas. Na otimização tradicional em planilha, as restrições rígidas ou hard são testadas com cada solução teste. Se não forem atendidas, a solução é descartada.

No RISKOptimizer, uma simulação completa é rodada para cada solução teste. Cada simulação consiste de um número de iterações ou recálculos individuais da planilha usando novas amostras de distribuições de probabilidade no modelo. Uma **restrição hard** pode ser testada:

- **Cada iteração de cada simulação** (uma *restrição de iteração*). Se uma iteração resultar em valores que violem a restrição rígida, a simulação será interrompida (e a solução teste rejeitada) e a próxima solução teste e a simulação associada são iniciadas.
- **No final da simulação** (uma *restrição de simulação*). Este tipo de restrição é especificado em termos de uma estatística de simulação para uma célula da planilha; por exemplo, a *Média de A11>1000*. Neste caso, a restrição é avaliada no final da simulação. Uma restrição da simulação, ao contrário de uma restrição de iteração, nunca faz com que a simulação seja interrompida antes de terminada.

Uma segunda forma de restrições – restrições suaves, flexíveis ou "soft" – também pode ser usada no RISKOptimizer. As penalidades das restrições soft são calculadas no fim da simulação. Qualquer penalidade calculada é adicionada (ou subtraída) à estatística alvo que está sendo minimizada ou maximizada.

Para obter mais informações sobre como inserir restrições, veja a seção ***"Restrições"*** no Capítulo 5: Referência do RISKOptimizer.

Definindo as Opções de Otimização e Simulação

No RISKOptimizer, assim como na otimização tradicional em planilha, uma variedade de opções está disponível para controlar o intervalo de tempo de execução da simulação.

O RISKOptimizer buscará melhores soluções e rodará simulações até que as opções de simulação selecionadas sejam atendidas. Você pode fazer com que o RISKOptimizer rode um certo número de minutos, rode até gerar um número especificado de soluções de teste ou até a melhor estatística de simulação para a célula-alvo permanecer inalterada por um certo número de tentativas.

Você também pode especificar por quanto tempo a simulação de cada tentativa deve roda. Você pode selecionar que cada simulação rode um certo número de iterações ou, alternativamente, deixar que o RISKOptimizer determine quando interromper cada simulação. Quando você opta por deixar que o RISKOptimizer decida quando interromper cada simulação, ele o fará quando as distribuições geradas tanto para 1) a célula-alvo da otimização e 2) as células referenciadas em restrições da simulação estiverem estáveis e as estatísticas de interesse tiverem convergido.

Executando a Otimização

Quando o RISKOptimizer roda uma otimização, a planilha é **simulada** sucessivas vezes, **com cada simulação** usando diferentes valores possíveis para as células ajustáveis. Durante este processo:

1) **O otimizador gera um conjunto de valores para as células ajustáveis**.

2) **A planilha é simulada com as células ajustáveis definidas como os valores gerados pelo otimizador.** Em cada iteração da simulação, são obtidas amostras de todas as funções de distribuição da planilha, e a planilha é recalculada, gerando um novo valor para a célula-alvo. Se alguma restrição não for atendida após o recálculo de uma iteração, a simulação é interrompida e o otimizador gera uma nova solução teste a ser simulada.

3) No final de cada simulação, uma nova distribuição de valores possíveis para a célula-alvo é gerada. A estatística que você deseja minimizar ou maximizar é calculada através dessa distribuição. Se alguma restrição de simulação não for atendida, a solução teste e os resultados da simulação são descartados e o otimizador gera uma nova solução teste a ser simulada

4) O otimizador usa a nova **estatística** para a célula-alvo calculada na simulação para selecionar o próximo conjunto de dados que tentará.

5) Outra **simulação** é realizada, fornecendo uma nova **estatística** que o otimizador pode usar para identificar um novo conjunto de valores para as células ajustáveis

Este processo se repete várias vezes, à medida que o otimizador prossegue rumo à identificação de uma solução ótima – ou seja, o conjunto de valores para as células ajustáveis que minimiza ou maximiza a estatística da célula-alvo.

Capítulo 3: RISKOptimizer: Passo a passo

Introdução **35**

O Tour do RISKOptimizer **37**

Inicializando o RISKOptimizer **37**
A Barra de Ferramentas do RISKOptimizer **37**
Abrindo um Modelo Exemplo **37**
Descrevendo a Incerteza no Modelo **38**
O Diálogo de Modelo do RISKOptimizer **41**
Selecionando a Estatística para a Célula-alvo **42**
Adicionando Faixas de Células Ajustáveis **42**
Inserindo a faixa Mín-Máx para células ajustáveis **43**
Selecionando um Método de Solução **44**
Restrições **45**
Restrições de Iteração e Simulação **45**
Adicionando uma Restrição **46**
Restrições de Faixa Simples de Valores e Restrições de Fórmulas **47**
Outras Opções do RISKOptimizer **50**
Condições de Parada da Otimização **50**
Condições de Parada da Simulação **52**
Registrando Dados da Simulação **53**
Rodando a Otimização **54**
O Observador do RISKOptimizer **55**
Parando a Simulação **56**
Relatório Sumário **57**
Colando os Resultados no seu Modelo **58**

Introdução

Neste capítulo, vamos guiá-lo através de todo o RISKOptimizer um passo de cada vez. Se o RISKOptimizer não está instalado em seu computador, volte à seção de instalação, no Capítulo 1: Introdução, e instale o RISKOptimizer antes de começar este tutorial.

Para começar, vamos abrir uma planilha pré-desenvolvida e então definir os problemas para o RISKOptimizer, usando distribuições de probabilidade e os diálogos do RISKOptimizer. Por fim, vamos verificar o progresso do RISKOptimizer na busca de soluções, e explorar algumas das muitas opções do Observador do RISKOptimizer. Para obter informações adicionais, veja o índice no final deste manual ou consulte o Capítulo 5: Referência do RISKOptimizer.

***NOTA:** As telas exibidas abaixo são do Excel 2007. Se usar outra versão do Excel, as janelas poderão ser um pouco diferentes das figuras.*

Os processos de solução de problemas começam com um modelo que representa de forma precisa seu problema. O seu modelo deve poder avaliar um conjunto de valores de inputs (células ajustáveis) e produzir uma avaliação numérica de quão bem estes inputs resolvem o problema (a função objetivo ou "de avaliação"). Seu modelo também precisa incluir distribuições de probabilidade que descrevam a faixa de valores possíveis para quaisquer elementos incertos. À medida que o RISKOptimizer busca as soluções, a simulação da função objetivo fornece feedback, dizendo ao RISKOptimizer quão boa ou ruim cada estimativa é, e permitindo que o RISKOptimizer gere estimativas cada vez melhores. Ao criar um modelo do seu problema, preste atenção à função objetivo, porque o RISKOptimizer vai fazer todo o possível para maximizar (ou minimizar) os resultados da simulação para esta célula.

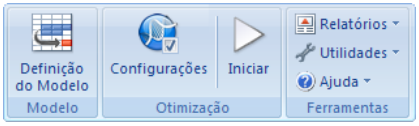
Tour do RISKOptimizer

Inicializando o RISKOptimizer

Para iniciar o RISKOptimizer, você pode: ***1) clicar no ícone do* RISKOptimizer** ***na área de trabalho, ou 2) selecionar* Palisade DecisionTools** ***e, em seguida,* RISKOptimizer 5.5** ***nas entradas de Programas do Menu Iniciar do Windows. Ambos inicializarão o Microsoft Excel e o* RISKOptimizer.**

A Barra de Ferramentas do RISKOptimizer

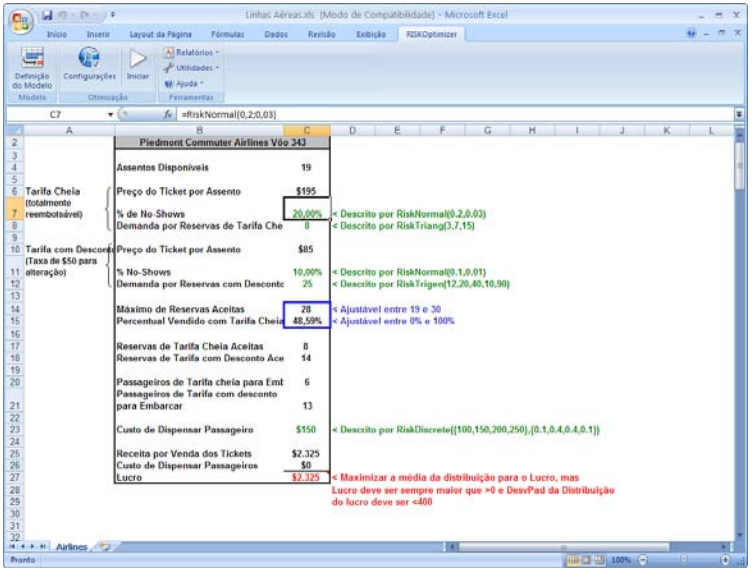
Quando o RISKOptimizer é carregado, uma nova barra de ferramentas do RISKOptimizer é apresentada no Excel. Esta barra de ferramentas possui botões que podem ser usados para especificar as configurações do RISKOptimizer e iniciar, pausar e interromper as otimizações.



Abrindo um Modelo Exemplo

Para revisar as funcionalidades do RISKOptimizer, examinaremos um modelo exemplo que foi instalado junto com o RISKOptimizer. Para fazer isto:

1) ***Abra a planilha LINHAS AÉREAS.XLS do diretório RISKOPTIMIZER5\EXAMPLES.***



Este arquivo exemplo contém um modelo de gerenciamento de retorno que identifica o número ótimo de passagens de tarifa completa e com desconto a serem vendidas para um dado vôo. Também identifica o número ótimo de reservas a aceitar, além do número de assentos disponíveis – o clássico problema de "overbooking". Há apenas uma questão neste problema de otimização padrão – algumas estimativas do modelo são incertas ou "estocásticas". Isso inclui o número de passageiros que irão comparecer para embarcar no avião, o número de reservas demandadas em cada categoria de tarifa e o custo de dispensar um passageiro (i.e., às vezes um voucher para viagem de $ 100 será suficiente, às vezes uma viagem completa é necessária). Tradicionalmente, estimativas de um único ponto são usadas para esses itens, permitindo que a otimização normal seja realizada. Mas, e se os valores não forem absolutamente conhecidos, 100% certos? Você pode acabar permitindo muito poucas reservas, voando com a aeronave vazia ou exagerar no overbooking. Você pode vender muitos assentos com desconto – reduzindo seu lucro. Você também pode optar por reservar muitos assentos a preço elevado – e voar com o avião pela metade. O RISKOptimizer resolverá este problema de otimização, possibilitando levar em conta a incerteza inerente ao seu modelo!

Com o exemplo das Linhas Aéreas, primeiro você deve descrever a incerteza presente no seu modelo, usando distribuições de probabilidade. Você poderá então usar os diálogos do RISKOptimizer para configurar o problema de otimização. Em seguida, o RISKOptimizer iniciará a otimização para identificar o número ótimo de reservas a preço cheio e os descontos para maximizar o retorno enquanto mantém o risco em níveis aceitáveis.

Descrevendo a Incerteza no Modelo

No RISKOptimizer, as distribuições de probabilidade são usadas para descrever as faixas de valores possíveis para elementos incertos de seu modelo. Uma distribuição de probabilidade especifica os valores mínimo e máximo para um fator incerto e a probabilidade relativa de valores entre este mínimo e este máximo.

No RISKOptimizer, as distribuições de probabilidade são inseridas usando funções de distribuição de probabilidade. São funções customizadas do RISKOptimizer que podem ser inseridas nas células e fórmulas de sua planilha, como qualquer função padrão do Excel. Por exemplo, a função:

- **RiskTriang(10,20,30)** especifica uma distribuição triangular com um valor mínimo possível de 10, valor mais provável de 20 e valor máximo de 30.

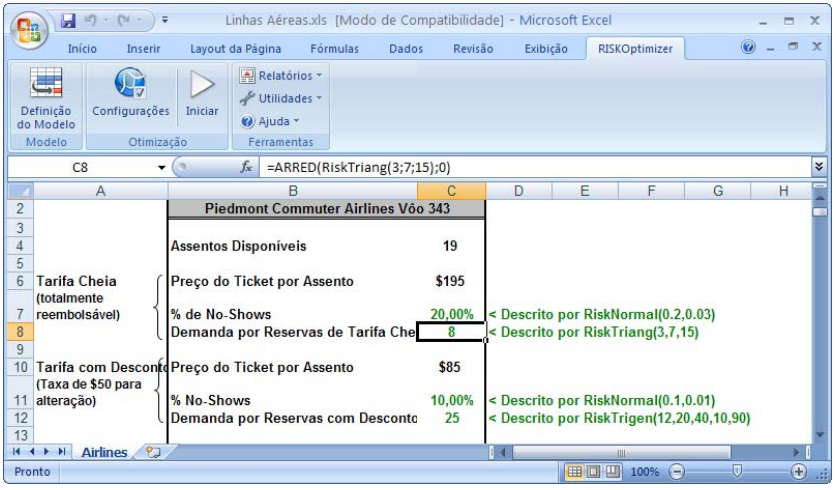
No modelo das Linhas Aéreas há cinco fatores incertos, cada um descrito por distribuições de probabilidade. O primeiro destes é:

- **Demanda por Reservas de Tarifa Cheia (na célula C8)**, descrita pela distribuição de probabilidade ***RiskTriang(3,7,15)***. Esta função especifica que o número necessário de reservas com tarifa cheia pode ser no mínimo 3, no máximo 15, com valor mais provável de 7.

Para inserir esta função de distribuição de probabilidade:

1) Selecione a célula C8.

2) ***Insira a fórmula =ARRED(RiskTriang(3;7;15);0). A função ARRED do Excel simplesmente toma a amostra retornada pela função RiskTriang e arredonda para o inteiro mais próximo. (Você não pode ter 5.65 reservas demandadas!)***



As outras distribuições no modelo, listadas abaixo, já estão inseridas no modelo em Linhas Aéreas.XLS. Você pode posicionar o cursor na célula em que cada uma está localizada para revisá-las, se desejar.

- % **No Shows – Reservas de Tarifa Cheia (na célula C7)**. É descrita pela ***RiskNormal(0,2;0,03)***, representando que uma média de 20% das pessoas que fazem reservas com tarifa cheia não aparece para o vôo. O percentual real de no-shows variará em torno de 20%, conforme descrito, em uma distribuição normal de 0,2 e um desvio padrão de 0,03.

- **% No Shows – Reservas com Desconto (na célula C11)**. É descrita pela ***RiskNormal(0,1;0,01)***, representando que uma média de 10% das pessoas que fazem reservas com tarifas de desconto não aparece para o vôo. O percentual real de no-shows variará em torno de 10%, descrito com uma distribuição normal de média 10% e desvio padrão de 0,01. Mais pessoas que fazem reservas com desconto aparecem, em comparação com as de tarifa cheia, pois há uma taxa de $ 75 para mudança em passagens com desconto, e nenhuma taxa para mudança de passagens totalmente reembolsáveis de tarifa cheia.
- **Demanda por Reservas da Tarifa com Desconto (na célula C12)**, descrita pela distribuição de probabilidade ***RiskTrigen(12;20;40;10;90))*.** Esta função especifica que o número de reservas efetuadas de passagens com desconto é descrito por uma distribuição de probabilidade triangular cujo percentil de 10% é 12, o valor mais provável é 20 e o percentil de 90% é 40.
- **Custo de Dispensa de Passageiro (na célula C23)**, descrita pela distribuição de probabilidade ***RiskDiscrete({100;150;200;250},{0,1;0,4;0,4;0,1}).*** Isto especifica que o custo por passageiro dispensado pode ser $100, $150, $200 ou $250, pois algumas vezes os passageiros aceitam deixar um vôo com overbook por um voucher de viagem no valor de $100, enquanto outros exigem compensação superior.

Para obter mais informações sobre estas e outras distribuições de probabilidade, consulte a Referência: Funções de Distribuição no manual ou na Ajuda do @RISK.

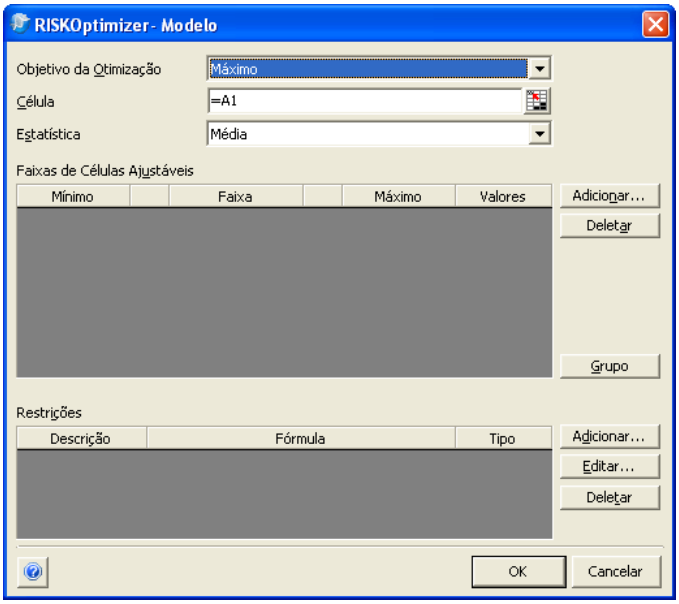
Agora que as distribuições de probabilidade descrevem a incerteza inserida no seu modelo, você pode configurar a otimização usando os diálogos do RISKOptimizer.

O Diálogo de Modelo do RISKOptimizer

Para configurar as opções do RISKOptimizer para esta planilha:

1) Clique no ícone do **Modelo do RISKOptimizer** *na barra de ferramentas do* **RISKOptimizer** *(na extrema esquerda).*

A seguinte caixa de diálogo do Modelo do RISKOptimizer aparecerá:



O Diálogo de Modelo do RISKOptimizer foi projetado para que os usuários possam descrever seus problemas de forma simples e direta. No nosso exemplo tutorial, estamos tentando buscar o número de reservas para tarifa cheia e com desconto que possam ser aceitas de forma a maximizar o lucro total.

Selecionando a Estatística para a Célula-alvo

O "Lucro", na célula C27 do modelo Airlines.XLS, será determinado como a célula-alvo. Esta é a célula cuja estatística você está tentando minimizar ou maximizar na simulação, ou a célula cuja estatística de simulação você está tentando tornar mais próxima de um valor predefinido. Para especificar a estatística da simulação para a célula-alvo:

1) ***Defina a "Objetivo da Otimização" como "Máximo".***
2) ***Insira a célula-alvo, $C$27, no campo "Célula".***
3) ***Selecione "Média" na lista suspensa "Estatística" para selecionar a média como estatística da simulação para maximizar.***

Referências a células podem ser inseridas nos campos de diálogo do RISKOptimizer de duas formas distintas: 1) Você pode clicar no campo com o cursor e digitar a referência diretamente no campo, ou 2) com o cursor no campo selecionado, você pode clicar no ícone de Entrada de Referência para selecionar a(s) célula(s) da planilha diretamente com o mouse.

Adicionando Faixas de Células Ajustáveis

Agora você deve especificar a localização das células que contêm valores que o RISKOptimizer pode ajustar para buscar soluções. Estas variáveis são adicionadas e editadas um bloco por vez, através do *Diálogo de Células Ajustáveis*. O número de células que você pode inserir no Diálogo Células Ajustáveis depende da versão do RISKOptimizer você está sendo usada.

1) Clique no botão "Adicionar" na seção "Faixas de Células Ajustáveis".

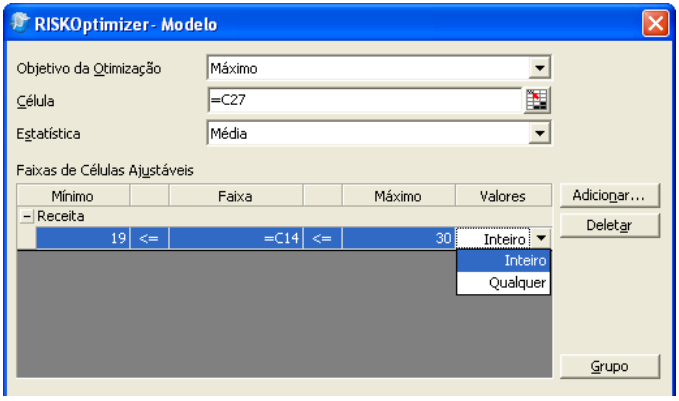
2) Selecione C14 como a célula que você deseja adicionar como uma célula ajustável.

Inserindo a faixa Mín-Máx para células ajustáveis

Na maioria das vezes, você provavelmente vai querer restringir os valores possíveis de uma faixa de células ajustáveis a uma variação mínimo-máximo. No RISKOptimizer esta restrição é conhecida como restrição de "faixa". Você pode rapidamente inserir esta faixa mín-máx quando seleciona as células a serem ajustadas. No exemplo das Linhas Aéreas, o valor mínimo possível para reservas aceitas é 19 e o máximo é 30. Para inserir esta restrição de faixa de valores:

1) ***Insira 19 na célula Mínimo e 30 na célula Máximo.***

2) ***Na célula Valores, selecione Inteiro, na lista suspensa***



Agora insira uma segunda célula a ser ajustada:

1) ***Clique em Adicionar para inserir uma segunda célula ajustável.***

2) ***Selecione a célula C15.***

3) ***Insira 0 como o Mínimo e 1 como o Máximo.***

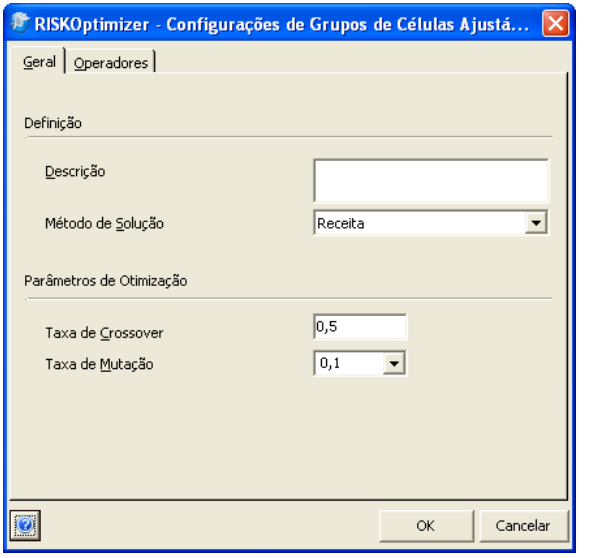
Este comando especifica a última célula ajustável, C15, representando o percentual de reservas totais que serão separadas para assentos de tarifa cheia.

Se houver variáveis adicionais neste problema, poderemos continuar a adicionar conjuntos de células ajustáveis. No RISKOptimizer, você pode criar um número ilimitado de grupos de células ajustáveis. Para adicionar mais células, clique novamente no botão "Adicionar".

Mais tarde, talvez você queira verificar as células ajustáveis ou alterar algumas de suas configurações. Para fazê-lo, simplesmente edite a faixa mín-máx na tabela. Você também pode selecionar um conjunto de células e deletá-lo clicando no botão "Deletar".

Selecionando um Método de Solução

Quando estiver definindo as células ajustáveis, você pode especificar um ***método de solução*** a ser usado. Tipos diferentes de células ajustáveis são manuseados por diferentes métodos de solução. Métodos de solução podem ser definidos para um grupo de células ajustáveis e alterados clicando no botão ***"Grupo"*** e exibindo a caixa de diálogo **Configurações de Grupos de Células Ajustáveis**. É comum utilizar o método de solução padrão "receita", no qual cada valor da célula pode ser alterado independentemente dos outros. Como este é o método padrão, você não precisa fazer nenhuma alteração se for usá-lo.



Os métodos de solução "receita" e "ordem" são os mais usados, e podem ser usados em conjunto para solucionar problemas combinatórios complexos. Especificamente, o método de solução "receita" trata cada variável como um ingrediente de uma receita, tentando encontrar a melhor combinação alterando o valor de cada variável independentemente. O método de solução "ordem", por sua vez, alterna valores entre as variáveis, misturando os valores originais para encontrar a "melhor ordem".

Restrições

O RISKOptimizer permite que você insira restrições, ou seja, condições que devem ser atendidas para que uma solução seja válida. Neste modelo exemplo, há duas restrições adicionais que devem ser atendidas para um possível conjunto de valores para o *máximo número de reservas aceitas* e *% de assentos de tarifa cheia* sejam válidos. Estas restrições são adicionais às de faixa de variação, que já foram inseridas para as células ajustáveis. Estas restrições são:

- **Lucro deve ser sempre >0.**
- **O desvio padrão para o lucro nos resultados da simulação deve ser <400.**

Cada vez que o RISKOptimizer gera uma solução possível para seu modelo, uma simulação será rodada para esta solução. Cada simulação envolverá centenas ou milhares de iterações ou recálculos da planilha. Em cada iteração, um valor é amostrado de cada distribuição de probabilidade no modelo, o modelo é recalculado usando estes novos valores amostrados e um novo valor para a célula-alvo é gerado. No final da simulação de uma solução teste, é gerada uma distribuição de probabilidade para a célula-alvo usando os valores calculados para essa célula-alvo em cada iteração.

Restrições de Iteração e Simulação

O RISKOptimizer pode verificar as restrições de duas formas:

- **Após cada iteração de simulação (restrição de "iteração")**
- **No final de cada simulação (restrição de "simulação")**

No modelo das Linhas Aéreas, **"Lucro deve ser sempre >0"** é uma restrição da iteração, enquanto **" O desvio padrão para o lucro nos resultados da simulação deve ser <400"** é uma restrição de simulação. Em outras palavras, após cada iteração de uma simulação, o RISKOptimizer verifica para assegurar que o lucro seja maior que 0; se não for, a solução teste será descartada. Se uma simulação se encerra com sucesso (ou seja, Lucro > 0 para todas as iterações), o desvio padrão da distribuição de probabilidade do lucro será verificado para assegurar que seja inferior a 400; se não for o caso, a solução teste será descartada.

As restrições são exibidas na seção inferior *Restrições*, na caixa de diálogo do Modelo do RISKOptimizer. Dois tipos de restrições podem ser especificadas no RISKOptimizer:

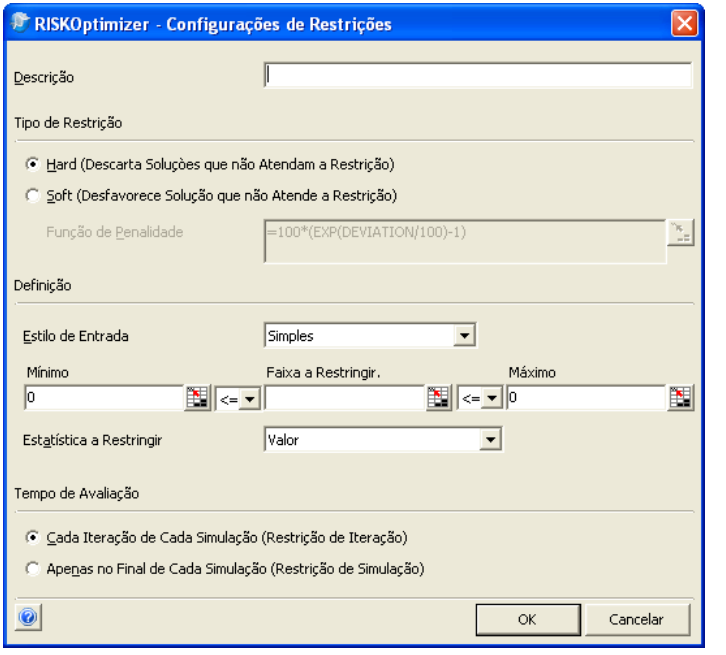
- **Rígidas ou Hard**. Estas são restrições que devem obrigatoriamente ser atendidas para que uma solução seja válida (ex.: um restrição de iteração hard poderia ser C10<=A4; neste caso, se uma solução gerasse um valor de C10 que fosse maior que o valor da célula A4, a solução seria descartada)
- **Flexíveis ou Soft.** Estas são restrições desejáveis, mas que poderiam ser trocadas por um grande aumento na função objetivo ou resultado da célula-alvo (ou seja, uma restrição flexível poderia ser C10<100. Neste caso, C10 poderia se elevar acima de 100, mas quando isto ocorresse, o valor calculado para a célula-alvo seria reduzido de acordo com a função de penalidade inserida).

Adicionando uma Restrição

Para adicionar uma restrição:

1) ***Clique no botão Adicionar na seção de Restrições do diálogo principal do* RISKOptimizer.**

Será exibida a caixa de diálogo de Configurações de Restrições, onde você irá inserir as restrições para seu modelo.



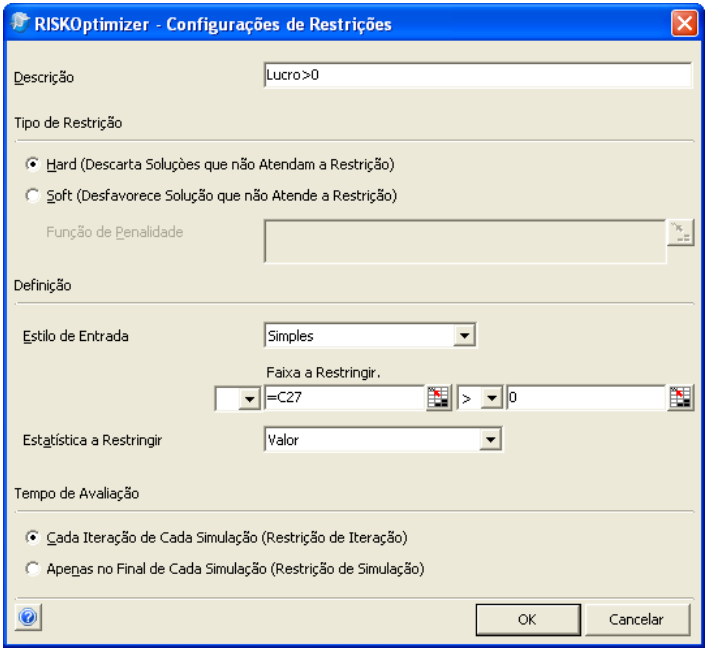
Restrições de Faixa Simples de Valores e Restrições de Fórmulas

Dois formatos - *Simples* e *Fórmula* – podem ser usados para inserir restrições. O formato Simples Faixa de Valores permite que a s restrições sejam inseridas usando as simples relações <,<=, >, >= ou =. Uma típica restrição de Simples Faixa de Valores seria *0<Valor de A1<10*, onde A1 é inserida na caixa *Faixa de Células*, 0 é inserido na caixa *Min* e 10 é inserido na caixa *Max*. O operador desejado é selecionado na lista suspensa em cada caixa. Com uma restrição do formato Simples Faixa de Valores, você pode inserir apenas um valor mínimo, máximo ou ambos.

Uma restrição de fórmula, por outro lado, permite que você insira qualquer fórmula válida do Excel como restrição, por exemplo A19<(1.2*E7)+E8. Para cada solução possível, o RISKOptimizer verificará se a fórmula inserida retorna VERDADEIRO ou FALSO para conferir se a restrição foi atendida. Se você deseja usar uma fórmula boleana em uma célula da planilha como restrição, simplesmente faça referência a esta célula no campo *Fórmula* da caixa de diálogo Configurações de Restrições.

Para inserir as restrições para o modelo das Linhas Aéreas, você irá especificar duas novas restrições. Primeiro, use o formato *Faixa Simples de Valores*, restrição hard, para a condição de Lucro > 0:

1) ***Insira "Lucro > 0" na caixa de descrição.***
2) ***Na caixa Faixa a Restringir, insira C27.***
3) ***Selecione o operador > à direita da Faixa a Restringir.***
4) ***Limpe o valor padrão de 0 na caixa Máximo***
5) ***À Esquerda da Faixa a Restringir, limpe o operador, selecionando o espaço vazio na lista suspensa.***
6) ***Clique em "Cada Iteração de Cada Simulação " e em OK. Isto especifica que você sempre deve garantir que o Lucro seja maior que 0, não importando quantas reservas forem feitas.***

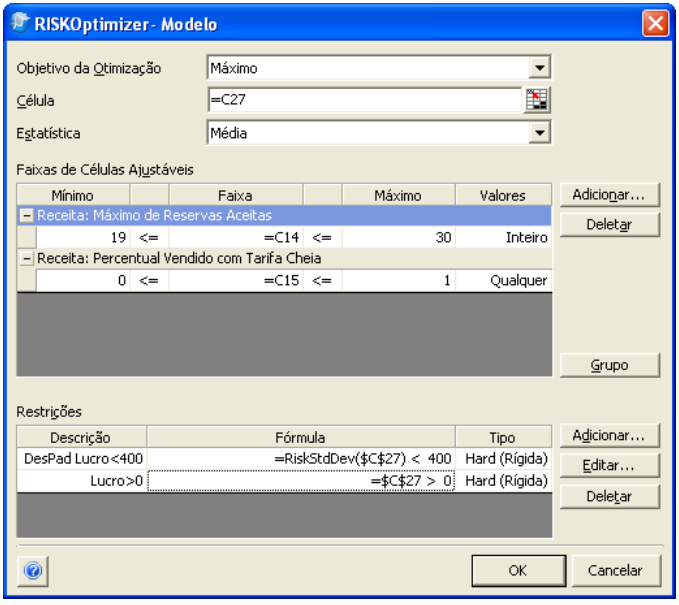


7) ***Clique em OK para inserir esta restrição.***

Agora, insira a restrição da simulação:

1) ***Clique em Adicionar para exibir novamente a caixa de diálogo Configurações de Restrições.***
2) ***Insira "DesvPad do Lucro <400" na caixa de descrição.***
3) ***Na caixa Faixa a Restringir, insira C27.***
4) ***Selecione o operador < à direita da Faixa de Células.***
5) ***Insira 400 na caixa Max.***
6) ***À esquerda da Faixa a Restringir, limpe o operador selecionando espaço em branco na lista suspensa.***
7) ***Clique na lista suspensa Estatística a Restringir e selecione "Desvio Padrão".***
8) ***Clique em OK.***

Seu diálogo de Modelo com a seção de restrições completada deve se assemelhar ao seguinte.



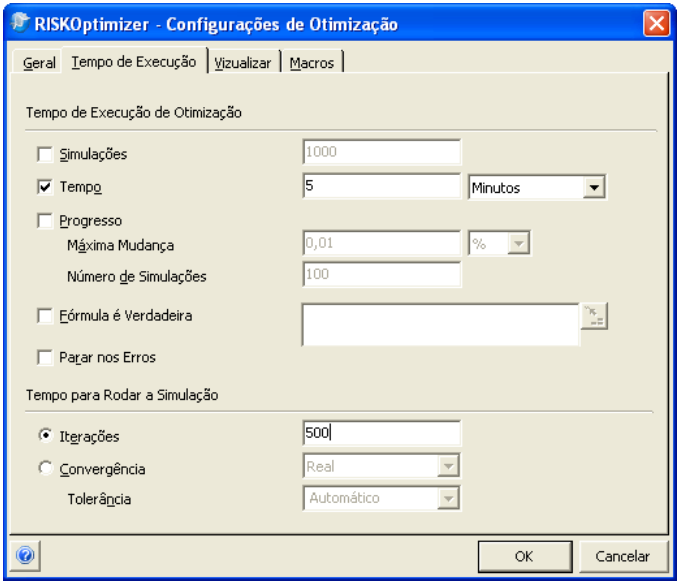
Outras Opções do RISKOptimizer

Opções como **Atualizar Display, Semente do Número Aleatório, Condições de Parada da Otimização e Condições de Parada da Simulação** estão disponíveis para controlar como o RISKOptimizer opera durante uma otimização. Vamos especificar algumas configurações de condições de parada e atualização da tela.

Condições de Parada da Otimização

O RISKOptimizer roda a otimização por quanto tempo você desejar. As condições de parada permitem que o RISKOptimizer pare automaticamente quando: a) *um certo número de cenários ou "tentativas" tiver sido examinado*, b) *uma certa quantidade de tempo tive passado*, c) *nenhuma melhoria foi encontrada nos últimos n cenários,* d) *a fórmula inserida como condição retorna VERDADEIRO, ou* e) *um valor de Erro é calculado para a célula-alvo*. Para visualizar e editar as condições de parada:

1) ***Clique no ícone Configurações de Otimização na barra de ferramentas do* RISKOptimizer.**
2) ***Selecione a aba Tempo de Execução.***



No diálogo Configurações de Otimização você pode selecionar qualquer combinação destas condições de parada de otimização, ou nenhuma. Se você selecionar mais de uma condição de parada, o RISKOptimizer irá interromper a simulação quando qualquer uma das condições for atendida. Se você não selecionar nenhuma condição de parada, o RISKOptimizer rodará indefinidamente, até que você interrompa manualmente a otimização pressionando o botão "Parar" na barra de ferramentas do RISKOptimizer.

Simulações	**Tempo**	**Progresso**	**Fórmula Verdadeira**
Esta opção define o número de simulações que você deseja que o RISKOptimizer rode. O RISKOptimizer roda uma simulação para cada conjunto completo de variáveis ou possível solução para o problema.	O RISKOptimizer pára após decorrido um intervalo de tempo especificado. Esse número pode ser uma fração (4.25).	Esta condição de parada é a mais usada, porque rastreia a melhoria e permite que o RISKOptimizer rode até que a taxa de melhoria tenha diminuído. Por exemplo, o RISKOptimizer poderá parar se 100 simulações tiverem passado, sem encontrar uma melhor solução para o problema.	O RISKOptimizer pára se a fórmula do Excel retornar o valor VERDADEIRO em uma simulação.

1) ***Defina Minutos = 5 para permitir que o* RISKOptimizer *rode por 5 minutos.***

Condições de Parada da Simulação

O RISKOptimizer roda uma otimização completa do seu modelo para cada solução teste gerada. Você pode especificar por quanto tempo cada uma destas simulações deve rodar, usando Condições de Parada da Simulação. Você pode rodar cada simulação até um certo número de iterações ou, alternativamente, deixar o RISKOptimizer determinar quando parar cada simulação.

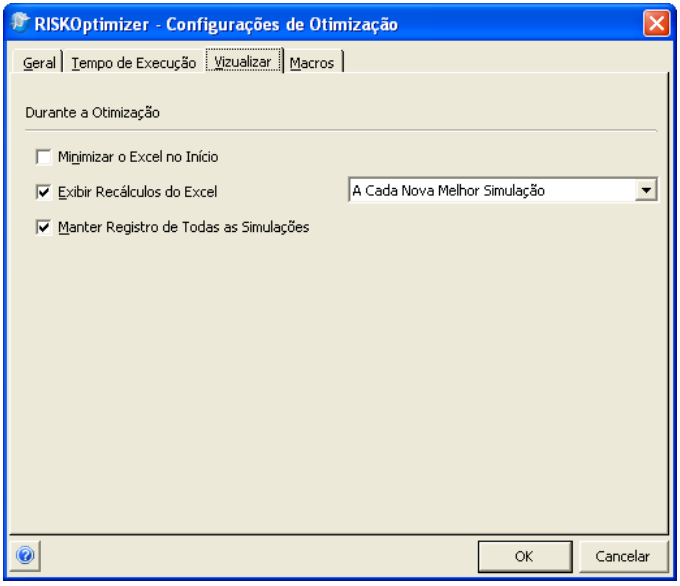
Iterações	Parar na Convergência Real	Parar na Convergência Projetada
Esta opção permite que você rode cada simulação até um número fixo de iterações. Neste caso, o RISKOptimizer rodará o número de iterações especificado para cada simulação realizada para cada solução teste gerada pelo RISKOptimizer (exceto se for interrompida prematuramente quando uma restrição de iteração não for atendida).	Esta opção instrui o RISKOptimizer a parar a simulação quando as distribuições geradas tanto para 1) a célula-alvo da simulação quanto para as 2) células referenciadas nas restrições da simulação forem estáveis e as estatísticas de interesse convergirem. A quantidade de variação permitida em uma estatística marcada como "convergente" é definida pela opção *Tolerância*.	Esta opção instrui o RISKOptimizer a parar a simulação quando pode projetar internamente que as distribuições geradas tanto para 1) a célula-alvo da simulação quanto para as 2) células referenciadas nas restrições da simulação forem estáveis. O RISKOptimizer projeta a convergência com base nos resultados de simulações anteriores rodadas durante a otimização.

1) ***Defina Iterações = 500 para que o RISKOptimizer rode uma simulação rápida para cada solução teste.***

Registrando Dados da Simulação

O RISKOptimizer pode exibir uma descrição progressiva de cada simulação rodada durante uma otimização, incluindo o valor da estatística alvo calculada, estatísticas básicas da distribuição simulada dos valores da célula-alvo, valores das células ajustáveis usados e se as restrições foram atendidas ou não. Para visualizar esse registro durante uma otimização:

1) ***Clique na aba Visualizar e selecione "Manter Registro de Todas as Simulações" no diálogo de Configurações da Otimização.***



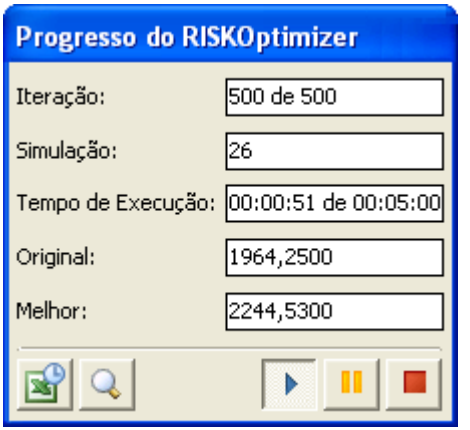
Rodando a Otimização

Agora, tudo que resta fazer é otimizar este modelo para determinar o número máximo de reservas em cada categoria de tarifa que maximize seu lucro. Para fazer isto:

1) ***Clique em OK para sair do diálogo de Configurações da Otimização.***

2) ***Clique no ícone Iniciar Otimização***

Quando o RISKOptimizer começar a trabalhar no seu problema, você verá os melhores valores no momento para suas células ajustáveis – # *total de reservas aceitas e % de reservas de tarifa cheia* – em sua planilha. A melhor média para o *Lucro* é exibida em azul com uma seta apontando para a célula-alvo.



Durante a rodada, a Janela de Progresso exibe: 1) a melhor solução encontrada até agora, 2) o valor original para a estatística de simulação da célula-alvo selecionada quando a otimização começou, 3) o número de simulações executadas do seu modelo e o número destas simulações que foram válidos; ou seja, todas as restrições foram atendidas e 4) o tempo que já passou na otimização.

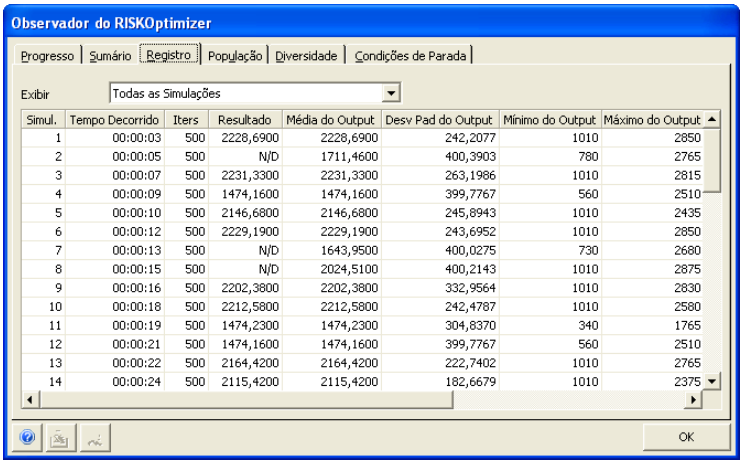
A qualquer momento durante a otimização você pode clicar no ícone **Opções de Atualização do Display do Excel** para visualizar uma atualização em tempo real da tela a cada simulação.

O Observador do RISKOptimizer

O RISKOptimizer também pode exibir um registro atualizado das simulações executadas para cada solução teste. Esse registro é exibido no Observador do RISKOptimizer enquanto o RISKOptimizer está rodando. O Observador do RISKOptimizer permite que você explore e modifique muitos aspectos do seu problema enquanto o mesmo roda. Para visualizar um registro atualizado das simulações realizadas:

1) ***Clique no ícone do Observador (lente de aumento) na Janela de Progresso para exibir o Observador do RISKOptimizer.***

2) ***Clique na aba Registro.***



Simul.	Tempo Decorrido	Iters	Resultado	Média do Output	Desv Pad do Output	Mínimo do Output	Máximo do Output
1	00:00:03	500	2228,6900	2228,6900	242,2077	1010	2850
2	00:00:05	500	N/D	1711,4600	400,3903	780	2765
3	00:00:07	500	2231,3300	2231,3300	263,1986	1010	2815
4	00:00:09	500	1474,1600	1474,1600	399,7767	560	2510
5	00:00:10	500	2146,6800	2146,6800	245,8943	1010	2435
6	00:00:12	500	2229,1900	2229,1900	243,6952	1010	2850
7	00:00:13	500	N/D	1643,9500	400,0275	730	2680
8	00:00:15	500	N/D	2024,5100	400,2143	1010	2875
9	00:00:16	500	2202,3800	2202,3800	332,9564	1010	2830
10	00:00:18	500	2212,5800	2212,5800	242,4787	1010	2580
11	00:00:19	500	1474,2300	1474,2300	304,8370	340	1765
12	00:00:21	500	1474,1600	1474,1600	399,7767	560	2510
13	00:00:22	500	2164,4200	2164,4200	222,7402	1010	2765
14	00:00:24	500	2115,4200	2115,4200	182,6679	1010	2375

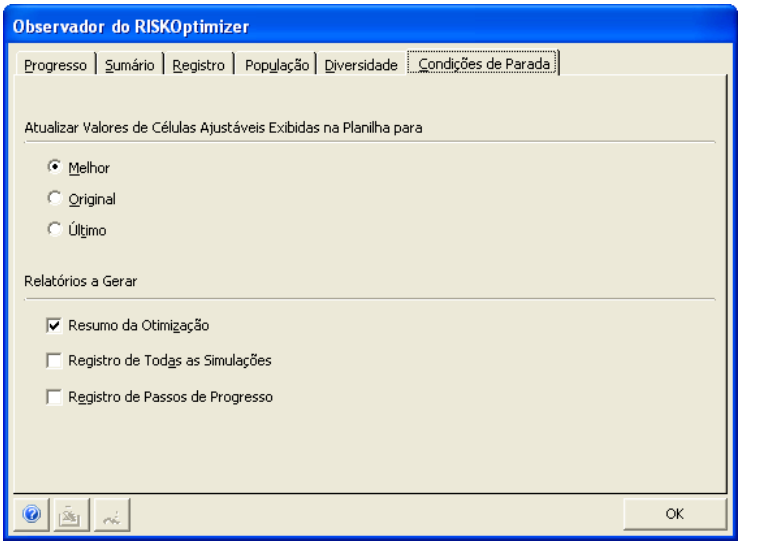
Neste relatório, os resultados da simulação rodada para cada solução teste são exibidos. A coluna *Resultado* exibe o valor da estatística da célula-alvo que você está tentando minimizar ou maximizar por simulação – neste caso, a média do Lucro em $C$27. As Colunas de *Média do Output, DesvPad do Output, Min. do Output e Max do Output* descrevem a distribuição de probabilidade para a célula-alvo Lucro, que foi calculada para cada simulação. As colunas de *$C$14* e *$C$15* identificam os valores usados para as suas células ajustáveis. As Colunas de *DesvPad do Lucro<400* e *Lucro>0* mostram se as restrições foram atendidas em cada simulação.

Parando a Simulação

Após cinco minutos, o RISKOptimizer interrompe a otimização. Você também pode interromper a otimização das seguintes formas:

1) ***Clicando no ícone Parar nas Janelas do* Observador do RISKOptimizer *ou* de Progresso.**

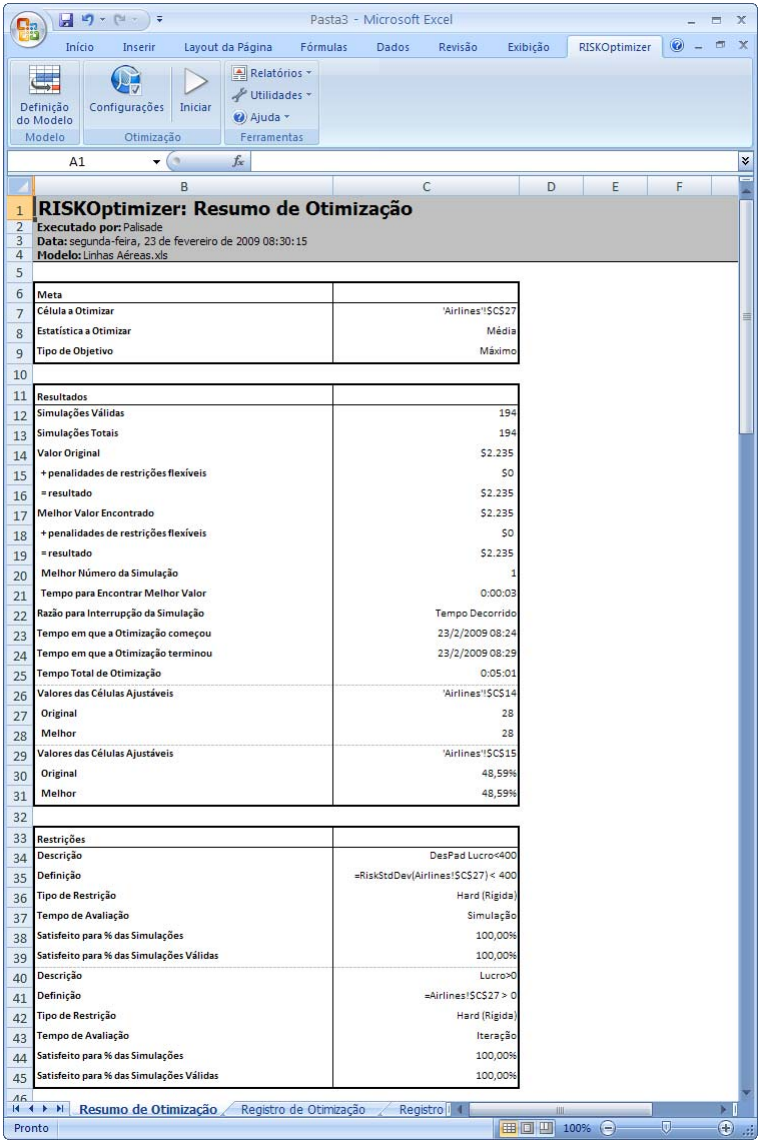
Quando o processo do RISKOptimizer para, o RISKOptimizer exibe a aba de Opções de Parada, que oferece as escolhas a seguir:



Estas mesmas opções automaticamente aparecerão quando qualquer das condições de parada que foram definidas no diálogo de Configurações de Otimização do RISKOptimizer forem atendidas.

Relatório Resumido

O RISKOptimizer pode criar um relatório resumido de otimização que contém informações como data e hora da execução, configurações de otimização usadas, o valor calculado para a célula-alvo e o valor para cada uma das células ajustáveis.



Este relatório é útil para comparar os resultados de otimizações sucessivas.

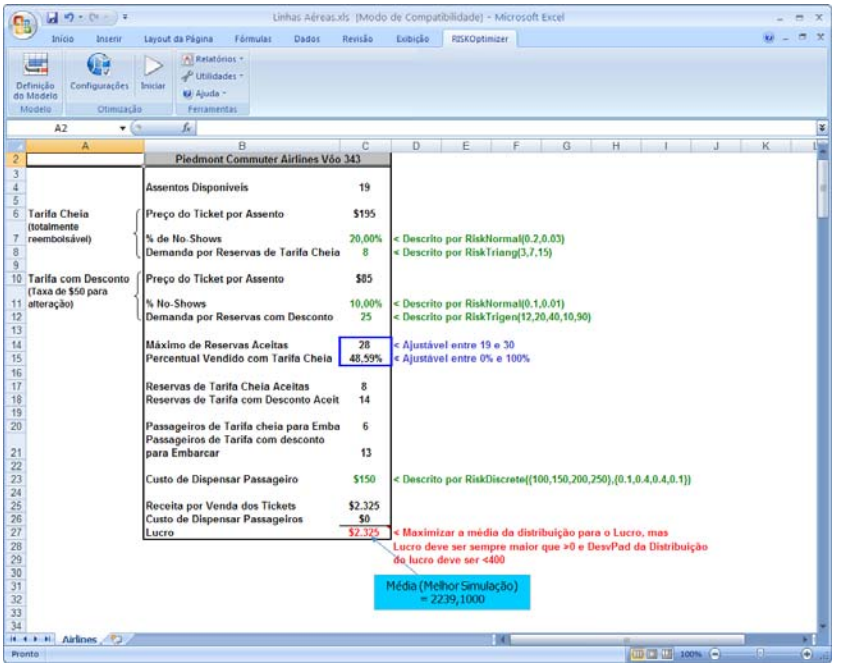
Colocando os Resultados no seu Modelo

Para inserir na sua planilha o novo conjunto otimizado de níveis de produção para as Linhas Aéreas para cada uma das dezesseis tarefas:

1) ***Clique no botão "Parar".***

2) ***Assegure que a opção "Atualizar Valores de Células Ajustáveis Mostradas na Planilha para" está definida como "Melhor"***

Você retornará à planilha AIRLINES.XLS, com todos os novos valores de variáveis que criaram a melhor solução. **Lembre-se:,a melhor solução é uma média de resultados da simulação para o Lucro, e não é o mesmo que o valor mostrado para um simples recálculo do Lucro que usa os melhores valores das variáveis.** A melhor média é exibida na caixa azul com a seta apontando para o Lucro.



NOTA IMPORTANTE: Embora no nosso exemplo você possa ver que o **RISKOptimizer** *encontrou uma solução que gerou um lucro total de 2236.03, seu resultado pode ser menor ou maior que este.* O RISKOptimizer também pode ter encontrado uma combinação diferente de Máximo Número de Reservas Aceitas e Percentual Vendido em Tarifa Cheia que produziu o mesmo resultado total. Estas diferenças são devidas a uma importante distinção entre RISKOptimizer, que permite que ele solucione uma maior variedade de problemas e encontre melhores soluções.

Ao salvar qualquer planilha após o RISKOptimizer rodar (até quando você "restaura" os valores originais da planilha após rodar o RISKOptimizer), todas as configurações do RISKOptimizer nos diálogos do RISKOptimizer serão salvas com a planilha. Da próxima vez que a planilha for aberta, todas as configurações mais recentes do RISKOptimizer são carregadas automaticamente. Todas as outras planilhas exemplo possuem configurações prévias e prontas para otimização.

NOTA: Se quiser dar uma olhada no modelo das Linhas Aéreas com todas as configurações de otimização preenchidas, abra o modelo exemplo AIRYIELD.XLS

Capítulo 4: Exemplos de Aplicações

Introdução **63**

Alocação Orçamentária **65**

Planejamento de Capacidade **67**

Agendador de Aulas **69**

Fazendo Hedge com Futuros **73**

Sequenciamento “Job Shop” **75**

Balanceamento de Portfólio **79**

Seleção de Portfólio **83**

Risco do Portfólio **85**

O Problema do Caixeiro Viajante **87**

Gerenciamento de Lucro **89**

Introdução

Este capítulo explica como o RISKOptimizer pode ser usado em uma variedade de aplicações. Estes exemplos de aplicações podem não incluir todas as funcionalidades que você pode desejar nos seus próprios modelos, e são mais eficazes como geradores de idéias e modelos. Todos os exemplos ilustram como o RISKOptimizer encontra as soluções através das relações que já existem na sua planilha, logo, é importante que o seu modelo em planilha retrate de forma exata o problema que você está tentando resolver.

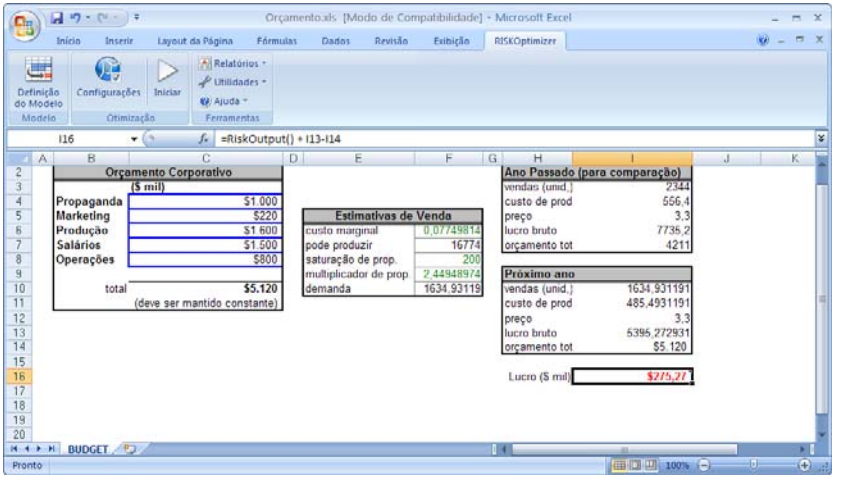
Todas as planilhas Excel dos exemplos podem ser encontradas no diretório RISKOPTIMIZER5, no sub-diretório chamado "EXAMPLES".

Cada exemplo vem com todas as configurações do RISKOptimizer pré-selecionadas, incluindo a célula-alvo, células ajustáveis, métodos de solução e restrições. Sugerimos enfaticamente que você examine essas configurações de diálogos antes de otimizar. Estudando as fórmulas e experimentando diferentes configurações do RISKOptimizer, você pode obter uma compreensão melhor de como o RISKOptimizer é usado. O modelo também permite que você substitua os dados amostrais com seus próprios dados "de usuário". Se decidir modificar ou adaptar estes arquivos exemplos, sugerimos salvá-los com novos nomes para preservar os exemplos originais como referência.

Alocação Orçamentária

Um executivo sênior deseja encontrar uma forma efetiva de distribuir os fundos orçamentários entre os vários departamentos da companhia, de forma a maximizara os lucros. Um modelo de um negócio e o lucro projetado para o próximo ano são exibidos abaixo. O modelo estima o lucro no próximo ano examinando o orçamento anual e usando pressuposições sobre, por exemplo, como a propaganda afeta as vendas. As estimativas de vendas incertas incluem distribuições de probabilidade para refletir as faixas dos valores possíveis. Este é um modelo simples, mas ilustra como você pode configurar qualquer modelo e usar o RISKOptimizer para alimentar inputs no mesmo e encontrar o melhor output.

Arquivo Exemplo:	budget.xls
Objetivo:	Alocar o orçamento anual entre cinco departamentos, de forma a maximizar o lucro no próximo ano.
Método de Solução:	Orçamento
Problemas Similares:	Alocar todos os recursos escassos (como trabalho, dinheiro, gasolina, tempo) a entidades que possam usá-los de diferentes maneiras ou com diferentes eficiências.



Como o Modelo Funciona

O arquivo “budget.xls” modela o efeito do orçamento de uma companhia em suas vendas e lucro futuros. As células C4:C8 (as variáveis) contêm as quantidades a serem gastas por cada um dos cinco departamentos. Estes valores totalizam a quantidade expressa na célula C10, o orçamento total para a companhia. Este orçamento é definido pela companhia e é intercambiável entre departamentos.

As Células F6:F10 computam uma estimativa da demanda para o produto da companhia no próximo ano, baseado nos orçamentos de marketing e propaganda. A quantidade de vendas real é o mínimo entre a demanda calculada e a oferta. A oferta depende do dinheiro alocado aos departamentos de produção e operações. As estimativas incertas no modelo são incluídas nas distribuições de probabilidade usadas nos cálculos de estimativas de vendas nas células F6 a F10.

Como Resolver o Problema

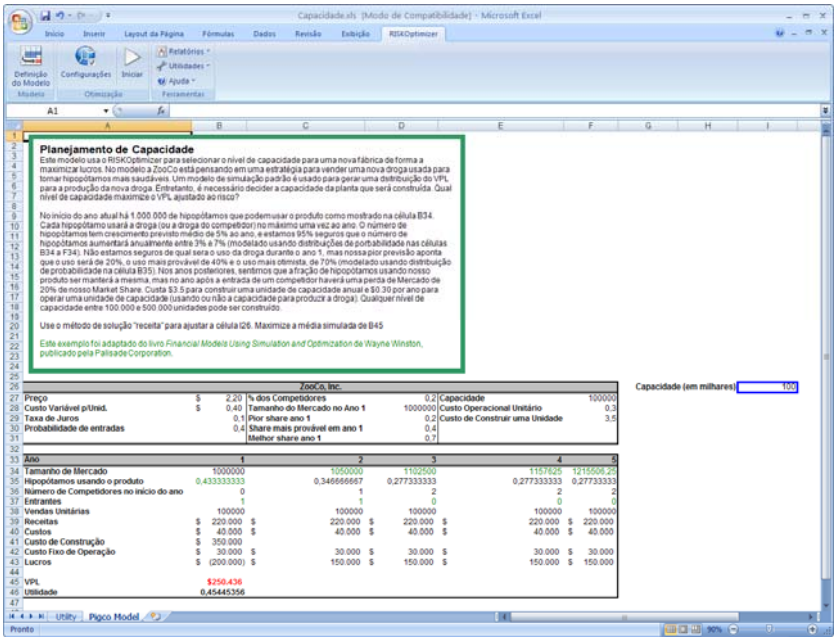
Maximize o lucro na célula I16 usando o método de solução “orçamento” para ajustar os valores nas células C4:C8. Defina as faixas independentes de cada célula ajustável para o orçamento de cada departamento, para que o RISKOptimizer não use valores negativos, ou números que não sejam adequados (ex.: toda a verba de propaganda e nenhuma produção) para o orçamento departamental.

O método de solução “orçamento” funciona de forma similar ao método “receita”, no sentido de que tenta encontrar o melhor mix das variáveis escolhidas. Ao usar o método de orçamento, no entanto, você adiciona a restrição de que a soma de todas as variáveis deve totalizar um determinado número, da mesma forma que ocorria antes do RISKOptimizer começar a otimizar.

Planejamento de Capacidade

Este modelo usa o RISKOptimizer para selecionar o nível de capacidade para uma nova fábrica, de forma a maximizar os lucros. No modelo, a ZooCo está pensando em uma estratégia para vender uma nova droga usada para tornar hipopótamos mais saudáveis. Um modelo de simulação padrão é usado para gerar uma distribuição do VPL para a produção da nova droga. Entretanto, é necessário decidir a capacidade da planta que será construída. Qual nível de capacidade maximiza o VPL ajustado ao risco?

Arquivo Exemplo:	capacity.xls
Objetivo:	Maximizar a média da distribuição simulada do VPL alterando a capacidade da fábrica.
Método de Solução:	Receita
Problemas Similares:	Análises de negócios combinando modelos de simulação tradicional com variáveis de decisão controladas pelo usuário.



Como o Modelo Funciona

No início deste ano, há 1.000.000 de hipopótamos que podem usar o produto, conforme mostrado na célula B34. Cada hipopótamo usará a droga (ou a droga do competidor) no máximo uma vez ao ano. O número de hipopótamos tem crescimento previsto médio de 5% ao ano, e estamos 95% seguros de que o número de hipopótamos aumentará anualmente entre 3% e 7% (modelado usando distribuições de probabilidade nas células B34 a F34). Não estamos seguros de qual será o uso da droga durante o ano 1, mas nossa pior previsão aponta que o uso será de 20%, o uso mais provável de 40%; e o uso mais otimista, de 70% (modelado usando distribuição de probabilidade na célula B35). Nos anos posteriores, achamos que a fração de hipopótamos usando nosso produto se manterá a mesma, mas no ano após a entrada de um competidor haverá uma perda de 20% de nosso Market Share. Custa $3,5 para construir uma unidade de capacidade anual e $0,30 por ano para operar uma unidade de capacidade (usando ou não a capacidade para produzir a droga). Qualquer nível de capacidade entre 100.000 e 500.000 unidades pode ser construído.

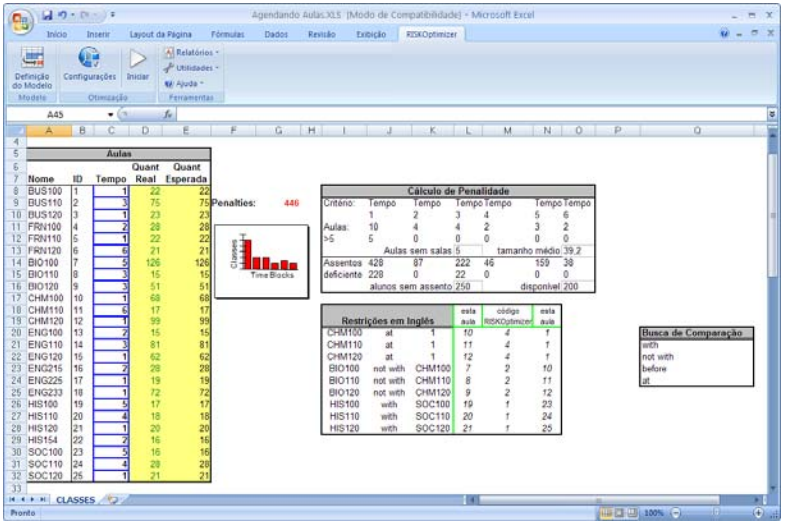
Como Resolver o Problema

Utilizar o método de solução receita para a célula I26. Maximizar a média simulada de B45.

Agendador de Aulas

Uma universidade precisa associar 25 aulas diferentes a 6 blocos de tempo predefinidos. Como o horário deve ser desenvolvido antes da inscrição dos alunos, o número real de estudantes por aula é incerto. Cada aula dura exatamente um bloco de tempo. Normalmente, isto nos permitiria tratar o problema com o método de solução "agrupamento". Entretanto, há um número de restrições que devem ser atendidas enquanto as aulas estão sendo associadas. Por exemplo, biologia e química não podem ocorrer ao mesmo tempo, de forma que os estudantes que pretendam estudar medicina possam fazer ambas as aulas no mesmo semestre. Para atender tais restrições, usamos o método de solução "agendamento". O método de solução "agendamento" é similar ao "agrupamento", apenas com a restrição de que certas tarefas devem (ou não devem) acontecer antes (ou depois ou durante) as outras.

Arquivo Exemplo:	classes.xls
Objetivo:	Associar 25 aulas a 6 períodos procurando minimizar a média da distribuição simulada do número de estudantes que são removidos de suas aulas. Atender a um número de restrições com relação a que aulas podem ocorrer ao mesmo tempo ou justapostas.
Método de Solução:	Agendamento
Problemas Similares:	Qualquer problema de agendamento ou sequenciamento em que as tarefas têm a mesma duração e podem ser associadas a qualquer um de vários blocos de tempo discretos. Além disso, qualquer problema de agrupamento em que existam restrições quanto à forma pela qual certos grupamentos de itens podem ser realizados.



Como o Modelo Funciona

O arquivo "classes.xls" consiste de um tipo modelo de agendamento no qual muitas restrições devem ser atendidas. A faixa de valores possíveis para cada aula é dada por distribuições de probabilidade inseridas na faixa D8:D32, rotuladas "Tamanho Ral". As células C8:C32 associam as 25 aulas a 6 blocos de tempo. Há apenas 5 salas de aula disponíveis, logo, associar mais do que cinco aulas a um bloco de tempo significa que pelo menos uma das aulas não poderá ocorrer.

As Células L20:N28 contêm as restrições; à esquerda da restrição estão as descrições em fórmula das restrições. Você pode usar o código numérico ou a descrição em inglês como a restrição. A lista de códigos de restrição para problemas de agendamento / sequenciamento pode ser encontrada em maiores detalhes na seção "Métodos de Solução" do Capítulo 5: Referência do RISKOptimizer.

Cada agenda possível é avaliada calculando tanto a) o número de aulas que não podem ocorrer quanto b) o número de estudantes que não podem assistir às aulas porque as salas estão cheias. Esta última restrição impede o RISKOptimizer de agendar todas as aulas maiores no mesmo período de tempo. Se apenas uma ou duas classes grandes ocuparem o mesmo bloco de tempo, as salas de aula podem ser usadas para elas.

As células J11:M11 usam a função CONTD do Excel para contar quantas aulas são associadas a cada bloco de tempo. A seção logo abaixo das células J12:M12 calcula quantas aulas não foram associadas a uma sala no último bloco de tempo. Todas as aulas que estão sem sala são totalizadas na célula L13.

Se o número de cadeiras necessário para uma determinada aula exceder o número de assentos disponíveis, as células J15:M15 calculam em quanto, e o número de estudantes sem assento é calculado na célula L16. Na célula G9, este número total de estudantes sem cadeiras é somado ao tamanho médio das classes e multiplicado pelo número de classes sem salas. Desta forma, temos uma célula que combina todas as penalidades, de forma que um número menor nesta célula sempre leva a um melhor agendamento.

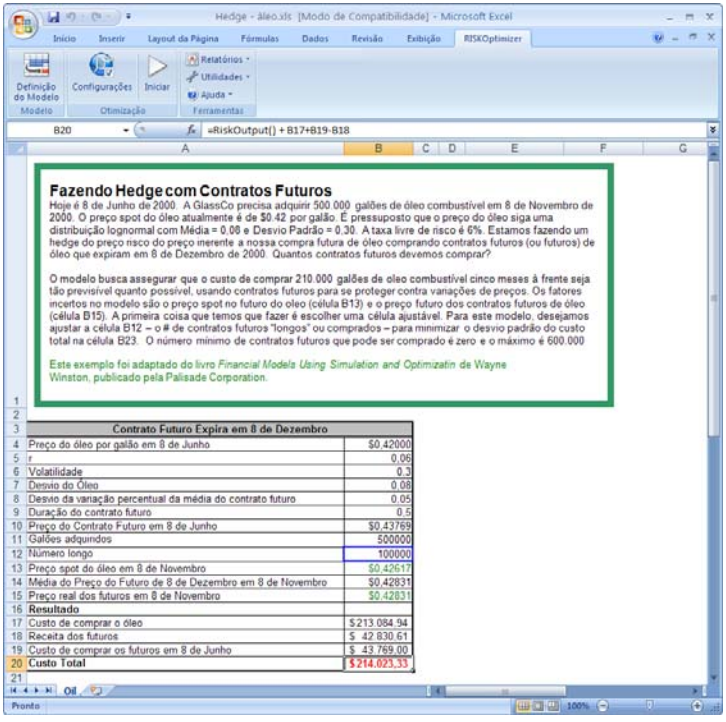
Como Resolver o Problema

Minimizar a média da distribuição simulada para as penalidades em G9 alterando as células C8:C32. Usar o método de solução "agendamento". Quando este método de solução é usado, você verá o número de opções relacionadas aparecer na seção inferior "opções" da caixa de diálogo. Defina o número de blocos de tempo como 6 e as células de restrição como L20:N28.

Fazendo Hedge com Futuros

Hoje é 8 de Junho de 2000. A GlassCo precisa adquirir 500.000 galões de óleo combustível em 8 de novembro de 2000. O preço spot do óleo atualmente é de $0,42 por galão. É pressuposto que o preço do óleo siga uma distribuição lognormal com Média = 0,08 e Desvio Padrão = 0,30. A taxa livre de risco é 6%. Estamos fazendo um hedge do risco do preço inerente à nossa compra futura de óleo comprando contratos futuros (ou futuros) de óleo que expiram em 8 de dezembro de 2000. Quantos contratos futuros devemos comprar?

Arquivo Exemplo:	oil.xls
Objetivo:	Encontrar o número de contratos futuros a comprar para se proteger contra mudanças de preço em uma compra futura.
Método de Solução:	Receita
Problemas Similares:	Modelos de minimização de risco nos quais o objetivo é minimizar o desvio padrão do alvo



Como o Modelo Funciona

O modelo busca assegurar que o custo de comprar 210.000 galões de óleo combustível cinco meses à frente seja tão previsível quanto possível, usando contratos futuros para se proteger contra variações de preços. Os fatores incertos no modelo são o preço spot no futuro do óleo (célula B13) e o preço futuro dos contratos futuros de óleo (célula B15).

Como Resolver o Problema

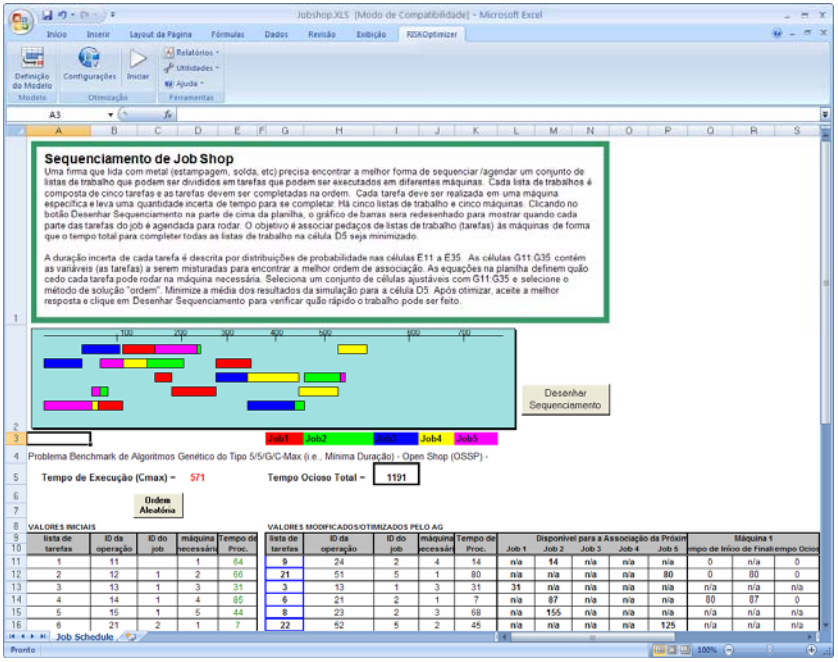
A primeira coisa que temos de fazer é escolher uma célula ajustável. Neste modelo, desejamos ajustar a célula B12 – o *núm. de contratos futuros "longos" ou comprados* – para minimizar o desvio padrão do custo total na célula B23. O número mínimo de contratos futuros que pode ser comprado é zero e o máximo é 600.000.

Sequenciamento “Job Shop”

Uma firma que lida com metal (estampagem, solda, etc.) precisa encontrar a melhor forma de sequenciar /agendar um conjunto de listas de trabalho que pode ser dividido em tarefas que podem ser executadas em diferentes máquinas. Cada lista de trabalhos é composta de cinco tarefas, e as tarefas devem ser completadas em ordem. Cada tarefa deve ser realizada em uma máquina específica e leva uma quantidade incerta de tempo para completar. Há cinco listas de trabalho e cinco máquinas.

Clicando no botão Desenhar Sequenciamento, na parte de cima da planilha, o gráfico de barras será redesenhado para mostrar quando cada parte das tarefas do job é agendada para rodar.

Arquivo de Exemplo:	jobshop.xls
Objetivo:	Associar pedaços de listas de trabalho (tarefas) às máquinas, de forma que o tempo total para completar todas as listas de trabalho seja minimizado.
Método de Solução:	Ordem
Problemas Similares:	Problemas de Sequenciamento ou de Gestão de Projetos


Jobshop.XLS [Modo de Compatibilidade] - Microsoft Excel
Sequenciamento de Job Shop
Uma firma que lida com metal (estampagem, solda, etc) precisa encontrar a melhor forma de sequenciar /agendar um conjunto de listas de trabalho que podem ser divididos em tarefas que podem ser executados em diferentes máquinas. Cada lista de trabalhos é composta de cinco tarefas e as tarefas devem ser completadas na ordem. Cada tarefa deve ser realizada em uma máquina específica e leva uma quantidade incerta de tempo para se completar. Há cinco listas de trabalho e cinco máquinas. Clicando no botão Desenhar Sequenciamento na parte de cima da planilha, o gráfico de barras sera redesenhado para mostrar quando cada parte das tarefas do job é agendada para rodar. O objetivo é associar pedaços de listas de trabalho (tarefas) às máquinas de forma que o tempo total para completer todas as listas de trabalho na célula D5 seja minimizado.
A duração incerta de cada tarefa é descrita por distribuições de probabilidade nas células E11 a E35. As células G11:G35 contém as variáveis (as tarefas) a serem misturadas para encontrar a melhor ordem de associação. As equações na planilha definem quão cedo cada tarefa pode rodar na máquina necessária. Seleciona um conjunto de células ajustáveis com G11:G35 e selecione o método de solução "ordem". Minimize a média dos resultados da simulação para a célula D5. Após otimizar, aceite a melhor resposta e clique em Desenhar Sequenciamento para verificar quão rápido o trabalho pode ser feito.
Desenhar Sequenciamento
Job1 Job2 Job3 Job4 Job5
Problema Benchmark de Algoritmos Genético do Tipo 5/5/G/C-Max (i.e., Mínima Duração) - Open Shop (OSSP) -
Tempo de Execução (Cmax) = 571
Tempo Ocioso Total = 1191
Ordem Aleatória
VALORES INICIAIS
VALORES MODIFICADOS/OTIMIZADOS PELO AG
Job Schedule
Pronto

Como o Modelo Funciona

A duração incerta de cada tarefa é descrita por distribuições de probabilidade nas células E11 a E35. A célula D5 calcula o tempo de execução, ou quanto tempo passou deste o começo da primeira tarefa agendada até o final da última tarefa agendada. Este tempo total é o que desejamos minimizar. As células G11:G35 contêm as variáveis (as tarefas) a serem misturadas para encontrar a melhor ordem de associação. As equações na planilha definem quão cedo cada tarefa pode rodar na máquina necessária.

Como Resolver o Problema

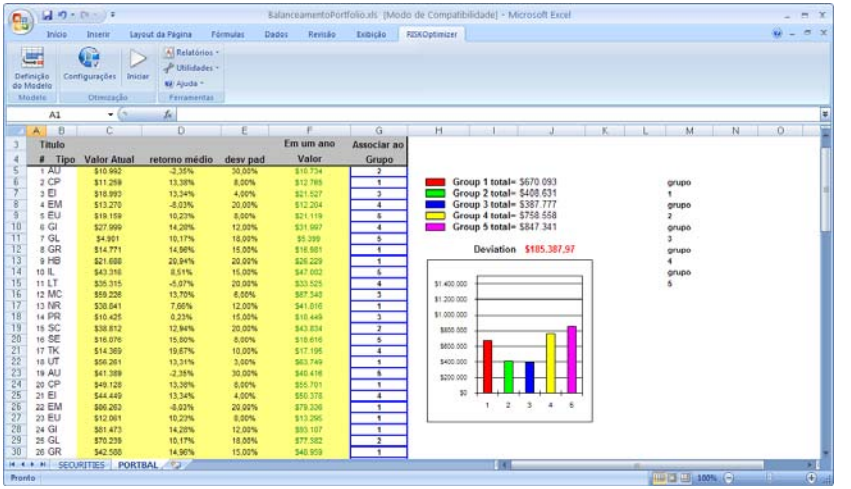
Selecione um conjunto de células ajustáveis (G11:G35) e defina o método de solução ordem. Minimize a média dos resultados da simulação para a célula D5.

Balanceamento de Portfólio

Um corretor tem uma lista de 80 títulos de tipos diferentes que terão um valor diferente e incerto no futuro. O corretor deseja agrupar esses títulos em cinco pacotes (portfólio) de modo que o valor total de cada pacote daqui a um ano seja equivalente ao dos outros, da melhor forma possível.

Este é um exemplo de uma classe geral de problemas conhecidos como problemas de carregamento de compartimentos. Carregar os compartimentos de um navio de carga de forma que cada um deles pese tanto quanto os outros é outro exemplo. Se houver milhões de itens pequenos a serem agrupados em apenas alguns grupos, como grãos de trigo em compartimentos de navios, é possível fazer uma estimativa de uma distribuição razoavelmente uniforme sem grande diferença de peso. Entretanto, várias dezenas de pacotes de pesos ou tamanhos diferentes podem ser armazenados de várias formas, e o armazenamento eficiente pode melhorar o equilíbrio que seria encontrado manualmente.

Arquivo Exemplo:	portbal.xls
Objetivo:	Separar uma lista de títulos em cinco portfólios distintos cujos valores futuros sejam tão próximos entre si quanto possível.
Método de Solução:	Agrupamento
Problemas Similares:	Criar equipes que tenham aproximadamente as mesmas qualidades coletivas. Armazenar contêineres nos compartimentos de um navio de forma que o peso seja igualmente distribuído.



Como o Modelo Funciona

O arquivo "portbal.xls" modela uma associação de agrupamento típica. A Coluna A contém números de identificação dos títulos e a coluna B identifica a classe de cada título (a planilha SECURITIES fornece informações sobre cada classe de títulos). As colunas C, D e E informam os valores de retorno de cada título e a média e desvio padrão do retorno do título para o próximo ano (conforme determinado pela classe do título). A coluna F calcula o valor do título daqui a um ano, usando a taxa de retorno amostrada de uma distribuição de probabilidade que usa média e desvio padrão conhecidos. A coluna G associa cada título a um dos cinco portfólios. Ao definir um problema relacionado a tipo de agrupamento ou classificação, é necessário, antes de iniciar o RISKOptimizer, que cada grupo (de 1 a 5) esteja representado pelo menos uma vez no cenário atual.

As células J6:J10 utilizam fórmulas "DSUM()" para calcular o valor total de cada um dos cinco portfólios. Assim, a célula J6, por exemplo, calcula DSUM de todos os valores da coluna F que foram associados ao grupo 5 (na coluna G).

A célula J12 computa o desvio padrão entre os valores totais dos portfólios usando a função "DESVPAD()". Isto fornece uma medida de quão próximo um portfólio está do outro em seu valor total. O gráfico ilustra o valor total de cada portfólio com uma linha de referência desenhada no número da meta de cada portfólio, se todos fossem iguais.

Como Resolver o Problema

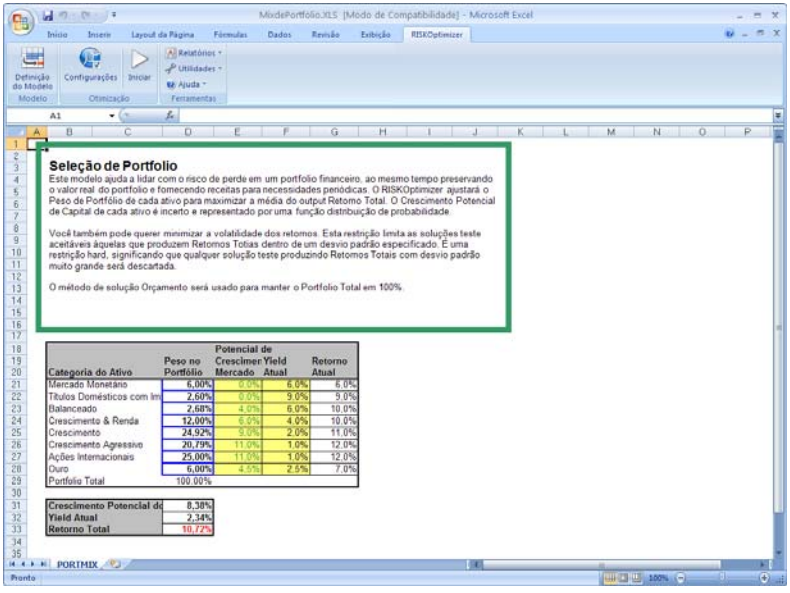
Minimizar a média dos resultados da simulação para a célula J12 ajustando as células em G5:G84. Use este método de "agrupamento" e se assegure que os valores 1, 2, 3, 4 e 5 apareçam pelo menos uma vez na coluna G.

O método de solução "agrupamento" instrui o RISKOptimizer a organizar as variáveis em *x* grupos, onde *x* é o número de valores diferentes nas células ajustáveis no início de uma otimização.

Seleção de Portfólio

Um jovem casal possui ativos em muitos tipos de investimentos, cada qual com seu retorno, crescimento potencial e risco. Seu objetivo é escolher uma combinação de investimentos que maximize o retorno total e mantenha o risco a um nível aceitável.

Arquivo Exemplo:	portmix.xls
O Objetivo:	Encontrar a combinação ótima de investimentos para maximizar o lucro, dadas as necessidades atuais de risco e retorno.
Método de Solução:	orçamento



Como o Modelo Funciona

Este é um modelo financeiro clássico que busca balancear o risco de perda em função do retorno do investimento. Cada ativo listado na coluna B possui um retorno fixo e um crescimento de capital incerto. O retorno total representa o crescimento de capital e o retorno. O objetivo é maximizar o retorno total mantendo o desvio padrão do retorno do portfólio inferior a 9%.

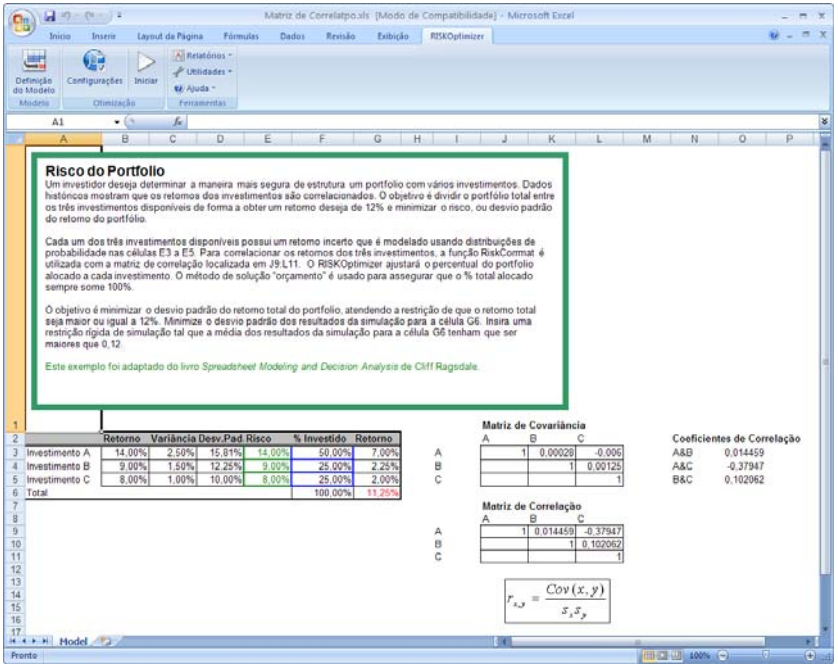
Como Resolver o Problema

O retorno total na célula D33 representa a soma do crescimento total de capital e o retorno total. Maximizamos a média de distribuição simulada para esta célula. Uma restrição rígida da simulação é inserida, especificando que o desvio padrão da célula D33 deve ser menor que 0,09.

Risco do Portfólio

Um investidor deseja determinar a maneira mais segura de estruturar um portfólio com vários investimentos. Dados históricos mostram que os retornos dos investimentos são correlacionados. O objetivo é dividir o portfólio total entre os três investimentos disponíveis, de forma a obter o retorno desejado de 12% e minimizar o risco, ou desvio padrão, do retorno do portfólio.

Arquivo Exemplo:	corrmat.xls
Objetivo:	Minimizar o desvio padrão do retorno do portfólio para alcançar o retorno desejado.
Método de Solução:	Orçamento
Problemas Similares:	Qualquer modelo de minimização de risco.



Como o Modelo Funciona

Cada um dos três investimentos disponíveis possui um retorno incerto que é modelado usando distribuições de probabilidade nas células E3 a E5. Para correlacionar os retornos dos três investimentos, a função RiskCorrmat é utilizada com a matriz de correlação localizada em J9:L11. O RISKOptimizer ajustará o percentual do portfólio alocado a cada investimento. O método de solução "orçamento" é usado para assegurar que a porcentagem total alocada seja sempre 100%.

O objetivo é minimizar o desvio padrão do retorno total do portfólio, atendendo a restrição de que o retorno total seja maior que ou igual a 12%.

Como Resolver o Problema

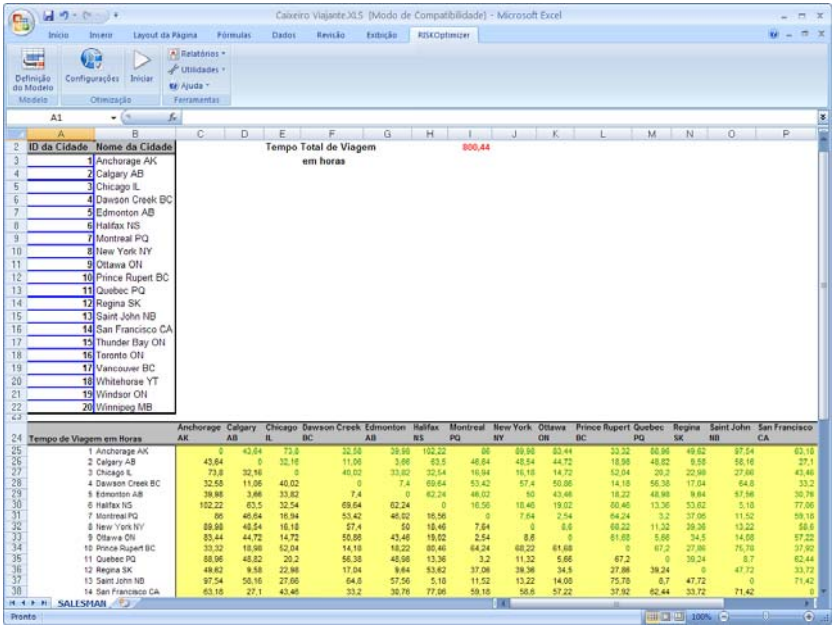
Minimize o desvio padrão dos resultados da simulação para a célula G6. Insira uma restrição rígida de simulação, tal que a média dos resultados da simulação para a célula G6 tenha que ser maior que 0,12.

O Problema do Caixeiro Viajante

Um caixeiro viajante deve visitar cada cidade do território a ele atribuído pelo menos uma vez. Qual a rota que consome o menor tempo possível para visitar todas as cidades? Este é um problema clássico de otimização com um aspecto adicional – que é extremamente difícil de resolver com as técnicas convencionais se houver um grande número (>50) de cidades.

Um problema similar pode ser o de encontrar a melhor forma de executar tarefas em uma fábrica. Por exemplo, pode ser muito mais fácil aplicar tinta preta após a tinta branca do que o contrário. No RISKOptimizer, estes tipos de problemas podem ser melhor resolvidos pelo método de solução ***ordem***.

Arquivo Exemplo:	salesman.xls
Objetivo:	Encontrar a rota com menor tempo de viagem entre n cidades que passa por cada cidade uma vez.
Método de Solução:	Ordem
Problemas Similares:	Planejar a perfuração de buracos em circuitos da forma mais rápida.



Como o Modelo Funciona

O arquivo "salesman.xls" calcula o tempo de viagem para várias cidades buscando os tempos de viagem em uma tabela. O tempo de viagem entre duas cidades é descrito por uma distribuição de probabilidade (há 200 distribuições de probabilidade na tabela). A coluna A contém números de identificação de cidades específicas. A coluna B contém os nomes que estes números representam (com uma função de busca). A ordem na qual as cidades (e seus números) aparecem de cima para baixo representa a ordem na qual as cidades são visitadas. Por exemplo, ao inserir um "9" na célula A3, significa que Ottawa seria a primeira cidade a ser visitada. Se A4 contém "6" (Halifax), então Halifax seria a segunda cidade visitada.

Os tempos de viagem entre as cidades são representados na tabela por distribuições de probabilidade, começando em C25. Estas distribuições fazem referência à tabela começando em C48 que contém a distância real de deslocamento entre as cidades. As distâncias na tabela são simétricas (distância de A a B e a mesma de B a A). Entretanto, modelos mais realistas podem incluir distâncias não simétricas para representar a maior dificuldade de viajar em uma única direção (por causa de pedágios, disponibilidade de transporte, vento frontal, elevações, etc.).

Agora, é necessário usar uma função para calcular o tamanho da rota entre as cidades. A distância total da rota será armazenada na célula G2, a célula que tentamos otimizar. Para fazê-lo, usamos a função "RouteLength". Esta é uma função customizada em VBA no arquivo Salesman.xls.

Como Resolver o Problema

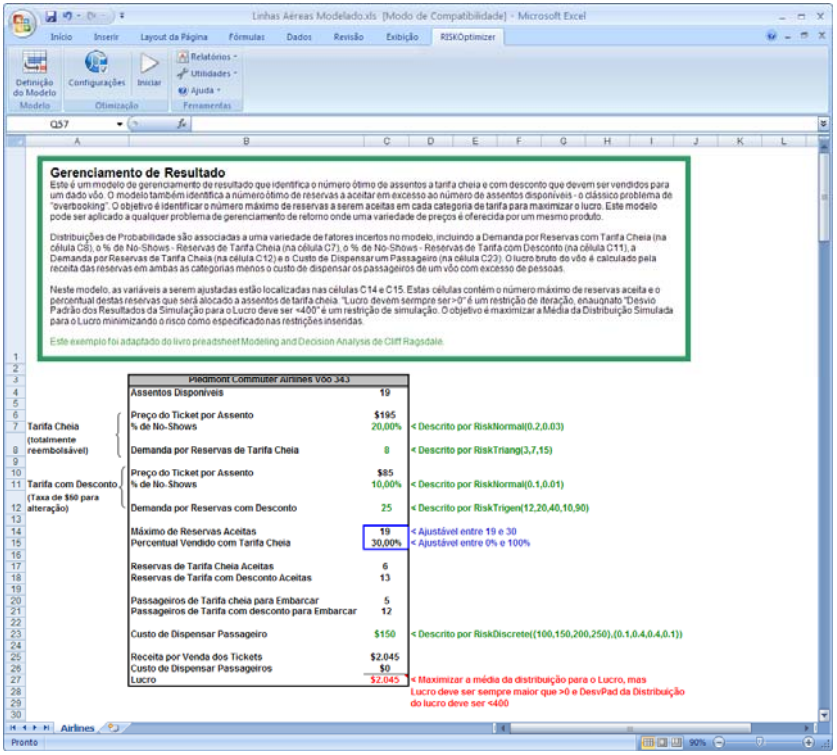
Minimize o valor da célula G2 ajustando as células em A3:A22. Use o método "ordem" e assegure que os valores de 1 a 20 existam nas células ajustáveis antes de começar a otimização.

O método de solução "ordem" instrui o RISKOptimizer a reorganizar as variáveis, tentando diferentes permutações das variáveis existentes.

Gerenciamento de Lucro

Este é um modelo de gerenciamento de lucro ou ganhos que identifica o número ótimo de assentos a serem vendidos como tarifa cheia ou com desconto em determinado vôo. Também identifica o número ótimo de reservas a aceitar, além do número de assentos disponíveis – o clássico problema de "overbooking".

Arquivo Exemplo:	airyield.xls
Objetivo:	Identificar o número máximo de reservas a aceitar em diferentes categorias de tarifa para maximizar o lucro.
Método de Solução:	Receita
Problemas Similares:	Qualquer problema de gerenciamento de lucro em que uma variedade de preços é oferecida pelo mesmo produto ou serviço.

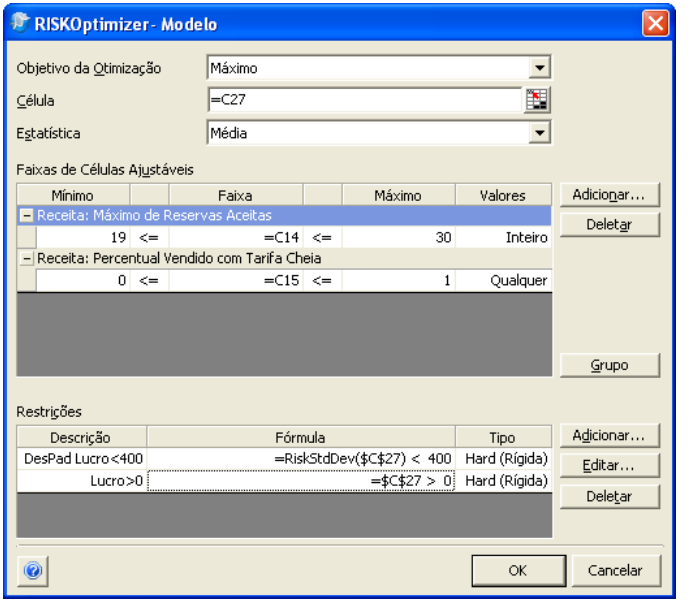


Como o Modelo Funciona

O arquivo "airyield.xls" é um modelo muito simples que ilustra o uso do RISKOptimizer para gerenciamento de lucro. Distribuições de probabilidade são associadas a uma variedade de fatores incertos no modelo, incluindo a **Demanda por Reservas de Tarifa Cheia (na célula C8)**, o **% de No Shows – Reservas de Tarifa Cheia (na célula C7),** o **% de No Shows – Reservas de Tarifa com Desconto (na célula C11)**, a **Demanda por Reservas em Tarifa com Desconto (na célula C12)**, e o **Custo de Dispensa (na célula C23)**. O lucro bruto do vôo é calculado com base na receita total de reservas em cada categoria de tarifa, menos o custo de dispensar passageiros de um vôo com overbook.

Como Resolver o Problema

Neste modelo, as variáveis a serem ajustadas estão localizadas nas células C14 e C15. Estas células contêm os valores para o máximo número de reservas aceitas e o percentual destas reservas que será alocado a assentos de tarifa cheia. "Lucro deve ser sempre >0" é uma restrição de iteração, enquanto "Desvio Padrão dos resultados da simulação para o lucro deve ser <400" é uma restrição da simulação. O objetivo é maximizar a média da distribuição simulada para o lucro e, ao mesmo tempo, minimizar o risco, conforme especificado pelas restrições inseridas.



Capítulo 5: Guia de Referência do RISKOptimizer

Comando de Definição do Modelo 93

Faixas de Células Ajustáveis 96
Grupos de Células Ajustáveis 99
Método de Solução Receita 101
Método de Solução Ordem 102
Método de Solução Agrupamento 102
Método de Solução Orçamento 104
Método de Solução Projeto 104
Método de Solução Agendamento 106
Crossover e Taxa de Mutação 108
Número de Blocos de Tempo e Células Restritas 110
Tarefas Precedentes 110
Operadores 110
Restrições 113
Adicionar – Adicionando Restrições 113
Restrições de Simulação 115
Restrições Simples e de Fórmula 115
Restrições Flexíveis (Soft) 116

Comando Configurações de Otimização – Aba Geral 119

Comando Configurações de Otimização – Aba Tempo de Execução 123

Opções de Tempo de Execução de Otimização 124
Opções de Tempo de Execução de Simulação 126

Comando Configurações de Otimização – Aba Visualizar 129

Comando Configurações de Otimização – Aba Macros 131

Comando Iniciar Otimização 133

Comandos de Utilidades 135

Comando Configurações de Aplicação 135

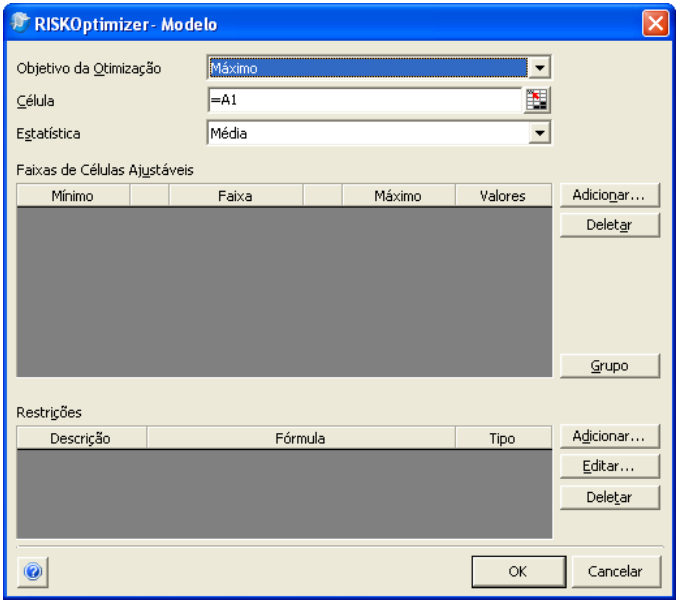
Observador do RISKOptimizer 139

Observador do RiskOptimizer – Aba de Progresso 140
Observador do RISKOptimizer – Aba Sumário 142
Observador do RISKOptimizer – Aba de Registro 143
Observador do RISKOptimizer – Aba População 144
Observador do RISKOptimizer – Aba Diversidade 145
Observador do RISKOptimizer – Aba Condições de Parada 146

Comando de Definição do Modelo

Define o objetivo, células ajustáveis e restrições para um modelo

Selecionar o comando Definição do Modelo do RISKOptimizer (ou clicar no ícone do Modelo na barra de ferramentas do RISKOptimizer) exibe o diálogo do Modelo.



O Diálogo do Modelo do RISKOptimizer.

O Diálogo do Modelo do RISKOptimizer é usado para especificar ou descrever um problema de otimização para o RISKOptimizer. Ao ser aberto, este diálogo está vazio em cada nova planilha do Excel, mas salva suas informações com cada grupo de planilhas. Isto significa que quando a planilha é aberta novamente estará com o mesmo preenchimento. Cada componente do diálogo é descrito nesta seção.

As opções do diálogo do Modelo incluem:

- **Objetivo da Otimização.** A opção *Objetivo da Otimização* determina que tipo de resposta o RISKOptimizer deve buscar. Se for selecionado *Mínimo*, o RISKOptimizer buscará valores de variáveis que produzam o menor resultado possível para a estatística selecionada nos resultados da simulação para a célula-alvo (até um número de -10^{300}). Se for selecionado *Máximo*, o RISKOptimizer buscará valores de variáveis que produzam o maior resultado possível para a estatística selecionada (até 10^{300}).

  Se *Valor Alvo* for selecionado, o RISKOptimizer buscará valores de variáveis que produzam um valor para a estatística selecionada tão próximo quanto possível do valor especificado. Por exemplo, se você especificar que o RISKOptimizer deve encontrar a média da distribuição de resultados da simulação que seja mais próxima de 14, o RISKOptimizer poderá encontrar cenários que resultem em uma média de 13,7 ou 14,5. Note que 13,7 é mais próximo de 14 do que 14,5; o RISKOptimizer não considera se o valor da estatística é maior ou menor que o valor que você especificou, apenas quão próximo este valor está da meta.

- **Célula.** A célula ou ***célula-alvo*** contém o output do seu modelo. Uma distribuição de possíveis valores para esta célula-alvo será gerada (via simulação) para cada "solução teste" que o RISKOptimizer gera (i.e., cada combinação de possíveis valores de células ajustáveis). A célula-alvo deve conter uma fórmula que dependa (diretamente ou através de uma série de cálculos) das células ajustáveis. Esta fórmula pode ser elaborada com fórmulas padrão do Excel, como SOMA() ou através de funções de Macro em VBA customizadas pelo usuário. Ao usar funções em macros do VBA, você pode fazer com que o RISKOptimizer avalie modelos de maior complexidade.

  Enquanto o RISKOptimizer busca uma solução, ele utiliza a estatística dos resultados da simulação para a célula-alvo como uma classificação ou função objetivo para avaliar a adequação de cada cenário e determinar que valores variáveis devem continuar a se reproduzir e disseminar e quais não devem sobreviver. Na evolução biológica, a morte é a "função de adaptação" que determina que genes continuam a se disseminar na população. Ao construir o seu modelo, sua célula-alvo deve refletir a qualidade ou "positividade" de qualquer cenário dado, de forma que quando o RISKOptimizer calcular as possibilidades, ele possa medir o progresso com exatidão.

- **Estatística.** A entrada estatística é onde você especifica a estatística dos resultados da simulação para a ***célula-alvo*** que você deseja minimizar, maximizar ou ajustar em um valor específico. A estatística específica que você deseja minimizar, maximizar ou ajustar para um valor específico é selecionada a na lista suspensa.

Para selecionar a estatística da célula-alvo que você deseja minimizar, maximizar ou ajustar em um valor específico, basta selecionar a estatística desejada na lista suspensa exibida. Se quiser selecionar um Percentil ou Alvo para a distribuição da célula-alvo, faça o seguinte:

1) **Selecione *Percentil (X para um dado P)* ou *Alvo (P para um dado X).***

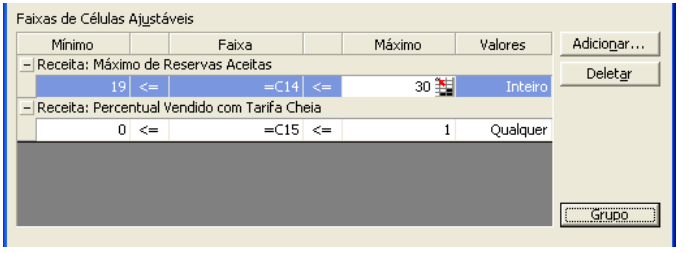
2) **Para *Percentil (X para um dado P)*, insira o valor de "*P*" desejado entre 0 e 100 no campo %.** O valor que será minimizado ou maximizado será o valor associado com o percentil inserido, por exemplo, Percentil (99%) fará com que o RISKOptimizer identifique a combinação de células ajustáveis que minimize ou maximize o percentil 99 da distribuição de resultados da simulação para a célula-alvo.

3) **Para *Alvo (P para um dado X)*, insira o valor "*X*" desejado.** O valor minimizado ou maximizado será a probabilidade cumulativa associada com o valor inserido; por exemplo, Alvo (1000) fará com que o RISKOptimizer identifique a combinação de células ajustáveis que minimiza ou maximiza a probabilidade cumulativa do valor de 1000 (conforme calculada usando a distribuição de probabilidade dos resultados da simulação para a célula-alvo).

O usuário pode optar por coletar estatísticas dentro de seus modelos usando funções estatísticas do @RISK/RISKOptimizer, como, por exemplo, a função **RiskMean**. Para otimizar o valor dessa célula, a estatística a ser otimizada não precisa ser especificada, pois a própria célula já contém essa informação. Nesse caso, selecione a opção **Valor**, na lista suspensa **Estatística**, instruindo o RISKOptimizer a otimizar o valor da célula específica no final da simulação. Por exemplo, se o usuário quiser otimizar a média da célula C5, pode digitar *=RiskMean(C5)* na célula C6, especificar C6 no diálogo Modelo como a célula a ser otimizada e selecionar **Valor**, na lista suspensa Estatística. Isso equivale a especificar C5 como a célula a ser otimizada e selecionar Média na lista suspensa Estatística.

Faixas de Células Ajustáveis

A tabela *Faixas de Células Ajustáveis* exibe cada faixa que contém células ou valores que o RISKOptimizer pode ajustar, bem como as descrições inseridas para estas células. Cada conjunto de células ajustáveis é listado em uma linha horizontal. Uma ou mais faixas de células ajustáveis podem ser incluídas em um **Grupo de Células Ajustáveis**. Todas as faixas de células em um Grupo de Células Ajustáveis compartilham um método de solução comum, taxa de crossover, taxa de mutação e operadores.



Como as células ajustáveis contêm as variáveis do problema, você deve definir pelo menos um grupo de células ajustáveis para usar o RISKOptimizer. A maior parte dos problemas pode ser descrita com apenas um bloco de células ajustáveis, mas problemas mais complexos podem requerer diferentes blocos de variáveis a serem resolvidas com diferentes métodos de solução simultaneamente. Esta arquitetura única permite que problemas de alta complexidade sejam facilmente construídos com muitos grupos de células ajustáveis.

As seguintes opções estão disponíveis para inserir Faixas de Células Ajustáveis:

- **Adicionar**. Você pode adicionar novas células ajustáveis clicando no botão "Adicionar" próximo à caixa de listagem das Células Ajustáveis. Selecione a célula ou a faixa a ser adicionada e uma nova linha aparecerá na tabela **Faixas de Células Ajustáveis**. Na tabela você poderá inserir um valor **Mínimo** e **Máximo** para as células na faixa, bem como os tipos de Valores a testar – Valores **Inteiros** ao longo da faixa ou **Qualquer** valor.

- **Mínimo e Máximo.** Após especificar a localização das células ajustáveis, as entradas Mínimo e Máximo definem a faixa de valores aceitáveis para cada célula ajustável. Como padrão, cada célula ajustável assume um valor real (ponto de flutuação de precisão dupla) entre –infinito e +infinito.

  Configurações de faixas são restrições estritamente forçadas. O RISKOptimizer não permite que nenhuma variável assuma um valor fora da faixa definida. Sugerimos definir faixas mais específicas de variação para suas variáveis sempre que possível, para aumentar a performance do RISKOptimizer. Por exemplo, você pode saber que o número não pode ser negativo, ou que o RISKOptimizer deve apenas tentar valores entre 50 e 70 para uma dada variável.

- **Faixa**. A referência para a(s) célula(s) a serem ajustada(s) é inserida no campo *Faixa*. Esta referência pode ser inserida selecionando a região na planilha com o mouse, inserindo um nome ou digitando uma referência válida do Excel, como Sheet1!A1:B8. O campo **Faixa** está disponível para todos os métodos de solução. Para os métodos de receita e orçamento, entretanto, as opções *Mínimo, Máximo* e *Valores* podem ser adicionadas para permitir a entrada de uma faixa de valores ajustáveis.

> ***NOTA**: Ao associar faixas estreitas às suas variáveis, você pode limitar o escopo da busca e acelerar a convergência do* **RISKOptimizer** *para a solução. No entanto, tenha cuidado para não limitar demais as faixas de suas variáveis para não impedir que o* **RISKOptimizer** *encontre soluções ótimas.*

- **Valores.** A entrada Valores permite que você especifique que o RISKOptimizer deve tratar todas as variáveis na faixa especificada como números inteiros (ex.: 22) ao invés de números reais (como 22,395). Esta opção está disponível apenas para os métodos de solução "receita" e "orçamento". O padrão é tratar as variáveis como números reais.

Assegure-se de ativar a configuração Inteiros se o seu modelo usar variáveis para buscar itens de tabelas (PROCH(), PROCV (), INDICE(), DESLOC (), etc.). Note que a configuração Inteiros afeta todas as variáveis na faixa selecionada. Se quiser tratar alguma das variáveis como reais e outras como inteiros, crie dois grupos de células ajustáveis ao invés de um, e trate um bloco como inteiros e outros como reais. Basta "Adicionar" um grupo de receita de células ajustáveis e deixar a entrada Valores como Qualquer. Em seguida, "Adicione" outra faixa de células, desta vez selecionando a configuração Inteiros e selecionando apenas as células ajustáveis inteiras.

Grupos de Células Ajustáveis

Cada grupo de células ajustáveis possui múltiplas faixas de células, permitindo que você construa uma hierarquia de grupos de faixas de células relacionadas. Dentro de cada grupo, cada faixa de célula pode possuir sua própria restrição de faixa Mín-Máx.

Todas as faixas de células em um Grupo de Células Ajustáveis compartilham um **método de solução, taxa de crossover**, **taxa de mutação** e **operadores** comuns. Estes itens são especificados no **diálogo Configurações de Grupo de Células Ajustáveis**. Este diálogo é acessado clicando no botão **Grupo,** próximo à tabela **Faixa de Células Ajustáveis**. Você pode criar um novo grupo em que pode adicionar faixas de células ajustáveis, ou editar as configurações de um grupo existente.

As opções na aba **Geral** do diálogo Grupo de Células Ajustáveis incluem**:**

- **Descrição.** Descreve o grupo de faixas de células ajustáveis em diálogos e relatórios.
- **Método de Solução.** Seleciona o Método de Solução a ser usado para cada uma das faixas de células ajustáveis do grupo.

Ao selecionar uma faixa de células a ser ajustada pelo RISKOptimizer, você também está especificando um "método de solução" que deseja aplicar ao ajustar essas células. Cada método de solução é, essencialmente, um algoritmo genético completamente diferente, com sua própria seleção otimizada, rotinas de crossover e mutação. Cada método de solução manipula os valores de suas variáveis de forma diferente.

O método de solução "receita", por exemplo, trata cada variável selecionada como se fosse um ingrediente de uma receita; cada valor de variável pode ser alterado independentemente dos demais. Por outro lado, o método de solução "ordem" troca os valores entre células ajustáveis, reordenando os valores originais.

Há seis métodos de solução disponíveis no RISKOptimizer. Três dos métodos de solução (receita, ordem e agrupamento) usam algoritmos inteiramente diferentes. Os outros três são ***descendentes*** dos três primeiros, e incluem restrições adicionais.

A seção a seguir descreve o funcionamento de cada método de solução. Para obter uma melhor compreensão de como cada método de solução é usado, explore os arquivos de exemplo incluídos no software (veja o Capítulo 4: Exemplos de Aplicações).

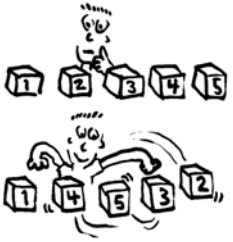
Método de Solução Receita

O método de solução "receita" é o tipo mais simples e mais usado. Use receita sempre que o conjunto de variáveis que devem ser ajustadas possa variar de forma independente. Pense em cada variável como a quantidade de um ingrediente em um bolo; ao usar o método de solução "receita", você está dizendo ao RISKOptimizer para gerar números para estas variáveis de forma a encontrar a melhor composição entre eles. A única restrição que você insere nas variáveis de receita é a faixa (o valor mais alto e o mais baixo) em que estes valores devem se encontrar. Ajuste estes valores nos campos *Min* e *Max* no diálogo de Células Ajustáveis (por exemplo, 1 a 100) e também indique se o RISKOptimizer deve buscar números inteiros (1, 2, 7) ou números reais (1,4230024; 63,72442).

Abaixo apresentamos exemplos de conjuntos de valores de variáveis como os que poderiam estar na planilha antes de o RISKOptimizer ser acionado, e como dois novos cenários poderiam aparecer após usar o método de solução receita.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
23,472	15,344	37,452
145	101	190
9	32,44	7,073
65.664	14.021	93.572

Método de Solução Ordem



O método de solução "ordem" é o segundo tipo mais usado, após "receita". Uma ordem é uma permutação de uma lista de itens onde você está tentando encontrar a melhor forma de reordenar um conjunto de valores dados. De forma distinta dos métodos de solução "receita" e "orçamento", que solicitam ao RISKOptimizer gerar valores para as variáveis escolhidas, este método de solução solicita ao RISKOptimizer que utilize os valores existentes no seu modelo.

Uma ordem poderia representar a ordem na qual serão realizadas uma série de tarefas. Por exemplo, você pode desejar obter a ordem na qual deve realizar cinco tarefas, numeradas 1,2,3,4 e 5. O método de solução "ordem" embaralharia esses valores de forma que um dos cenários poderia ser 3,5,2,4,1. Como o RISKOptimizer está apenas tentando alterar valores das variáveis da sua planilha inicial, não há faixa Min - Max inserida para as células ajustáveis quando o método de solução Ordem é usado.

Abaixo apresentamos exemplos de conjuntos de valores de variáveis tais como poderiam estar na planilha antes de o RISKOptimizer ser acionado, e como dois novos cenários poderiam aparecer após usar o método de solução ordem.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
23,472	145	65.664
145	23,472	9
9	65.664	145
65.664	9	23,472

Método de Solução Agrupamento

O método de solução "agrupamento" deve ser usado sempre que seu problema envolver múltiplas variáveis a serem agrupadas em grupos. O número de diferentes grupos que o RISKOptimizer cria será igual ao número de valores únicos apresentados nas células ajustáveis no início de uma otimização. Assim, se desejar construir um modelo do seu sistema, assegure-se de que cada grupo seja representado pelo menos uma vez.

Por exemplo, suponha que uma faixa de 50 células contenha apenas os valores 2, 3.5, e 17. Ao selecionar as 50 células e ajustar os valores usando o método de solução "agrupamento", o RISKOptimizer associa cada uma das cinquenta células a um dos três grupos, 2, 3.5 ou 17. Todos os grupos são representados por pelo menos uma das células ajustáveis; como se fosse jogar cada uma das 50 variáveis em uma entre várias caixas e assegurar que haja pelo menos uma variável em cada caixa. Outro exemplo seria associar 1s e 0s e -1s a um sistema indicando posições de comprar, vender e manter. Como o método de solução "ordem", o RISKOptimizer está manuseando valores existentes, logo, não há opções de faixa mín-máx ou inteiros a ser definida.

***NOTA**: Ao usar o método de solução "agrupamento", não deixe nenhuma célula em branco, a não ser que queira que o valor 0,0 seja considerado para um dos grupos.*

Você pode se dar conta que o método de solução "agrupamento" poderia ser aproximado usando o método de solução "receita" com a opção Inteiros acionada e a faixa de variação entre 1 e 3 (ou o número de grupos existentes). A diferença recai na forma em que a receita e o agrupamento executam a busca. Suas rotinas de ***seleção***, ***mutação*** e ***crossover*** são diferentes; o agrupamento está muito mais preocupado com os valores de todas as variáveis, porque ele pode substituir um conjunto de variáveis de um grupo pelas variáveis de outro grupo.

Abaixo apresentamos exemplos de conjuntos de valores de variáveis tais como poderiam estar na planilha antes de o RISKOptimizer ser acionado, e como dois novos cenários poderiam aparecer após usar o método de solução agrupamento.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
6	6	8
7	6	7
8	8	6
8	7	7

Método de Solução Orçamento

Um "orçamento" é similar à "receita" excetuando-se o fato de que o total dos valores das variáveis deve se igualar a um determinado valor. O número é o total (soma) dos valores das variáveis quando a otimização é iniciada.

Por exemplo, você pode desejar encontrar a melhor forma de distribuir um orçamento anual entre um número de departamentos. O método de solução "orçamento" usa a soma dos valores atuais dos departamentos e usa essa soma como o orçamento total a ser otimamente distribuído. Abaixo apresentamos exemplos de como poderiam ser dois novos cenários após o uso do método de solução orçamento.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
200	93,1	223,5
3,5	30	0
10	100	-67
10	0,4	67

Muitos valores estão sendo tentados, mas a soma sempre iguala 223,5.

Método de Solução Projeto

O método de solução "projeto" é similar ao método de solução "ordem" com a exceção de que certos itens (tarefas) devem preceder outros. O método de solução "projeto" pode ser usado no gerenciamento de projeto para rearranjar a ordem em que as tarefas são realizadas, mas a ordem deve sempre obedecer às restrições de precedência.

Um problema modelado com o método de solução *Projeto* será muito mais fácil de trabalhar e compreender se as células ajustáveis que contêm a ordem das tarefas estiver em uma única coluna, ao invés de em uma linha. Isto porque o método de solução espera que as tarefas precedentes sejam organizadas verticalmente, ao invés de horizontalmente, e será mais fácil examinar a planilha se as células ajustáveis também forem verticais.

Após ter especificado a localização das células ajustáveis, é necessário especificar a localização das tarefas precedentes na seção *Tarefas Precedentes* do diálogo, que é uma tabela de células que descreve que tarefas devem ser precedidas de que tarefas. O método de solução usa esta tabela para reorganizar a ordem das variáveis em um cenário até que as restrições de precedência sejam atendidas. Deve haver uma linha na faixa de tarefas precedentes para cada tarefa nas células ajustáveis. Iniciando na primeira coluna da faixa de tarefas precedentes, o número identificador de cada tarefa da qual a tarefa da linha depende deve ser listada em colunas separadas.

This Item	Must Comes After These...		
1	6	9	
2	1	6	3
3	1		
4	9	12	
5			
6	9	1	2
7	3	4	
8			
9	12	3	1

Exemplo de como definir precedentes para o método de solução Projeto.

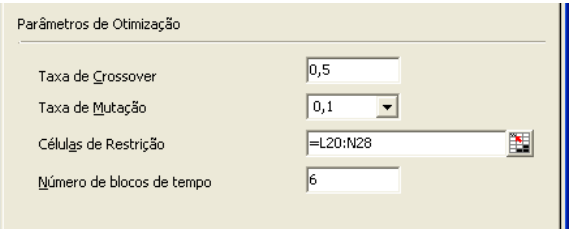
A faixa de tarefas precedentes deve ser especificada tendo ***n*** linhas e ***m*** colunas, onde ***n*** é o número de tarefas do projeto (células ajustáveis) e ***m*** é o maior número de tarefas precedentes que qualquer tarefa possui.

Abaixo apresentamos exemplos de conjuntos de valores de variáveis tais como poderiam estar na planilha antes de o RISKOptimizer ser acionado, e como dois novos cenários poderiam aparecer após usar o método de solução Projeto, com a restrição de que a 2 deve sempre ocorrer após a 1 e que a 4 deve ocorre após a 2.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
1	1	1
2	3	2
3	2	4
4	4	3

Método de Solução Agendamento

Uma agenda ou sequenciamento é similar a um agrupamento; é uma associação de tarefas a tempos. Presume-se que cada tarefa leve a mesma quantidade de tempo, como as aulas em uma escola possuem a mesma duração. Ao contrário de um agrupamento, entretanto, o Diálogo de Configurações de Células Ajustáveis permite que você especifique diretamente o número de blocos de tempo (ou grupos) a ser usado. Verifique que quando você seleciona o método "agendamento", várias opções relacionadas aparecem na parte inferior da caixa de diálogo.



Na seção *Parâmetros de otimização*, você verificará que também há uma faixa de células restrita associada. Esta caixa pode ser de qualquer tamanho, mas deve ter exatamente três colunas de largura. Oito tipos de restrições são reconhecidas:

1) *(ao mesmo tempo) As tarefas na 1ª e 3ª colunas devem ocorrer no mesmo bloco de tempo. (with)*
2) *(não ao mesmo tempo) As tarefas na 1ª e 3ª colunas não devem ocorrer no mesmo bloco tempo. (not with)*
3) *(antes) A tarefa na 1ª coluna deve ocorrer antes da tarefa na 3ª coluna. (before)*
4) *(em) A tarefa na 1ª coluna deve ocorrer no bloco de tempo especificado na 3ª coluna. (at)*
5) *(não após) A tarefa na 1ª coluna deve ocorrer ao mesmo tempo ou antes da tarefa na 3ª coluna. (not after)*
6) *(não antes) A tarefa na 1ª coluna deve ocorrer ao mesmo tempo ou após a tarefa na 3ª coluna. (not before)*
7) *(não em) A tarefa na 1ª coluna não deve ocorrer no bloco de tempo especificado na 3ª coluna. (not at)*
8) *(após) A tarefa na 1ª coluna deve ocorrer após a tarefa na 3ª coluna. (after)*

Você pode inserir um código numérico (de 1 a 8) ou a descrição – *após (after), não em (not at)* etc. – como restrição. (Nota: Para fins de inserção de restrição, as versões do RiskOptimizer em todos os idiomas reconhecem a descrição em inglês e na forma traduzida.) Todas as restrições especificadas no problema serão atendidas. Para criar restrições, localize um espaço em branco na sua planilha e crie uma tabela; nessa tabela, as colunas da esquerda e da direita representam tarefas e a coluna do meio representa os tipos de restrições. Um número entre 1 e 8 representa o tipo da restrição mencionada acima. As células dentro da faixa da restrição precisam conter os dados de restrição antes de se iniciar a otimização.

Esta Tarefa	Restrição	Esta Tarefa
5	4	2
12	2	8
2	3	1
7	1	5
6	2	4
9	3	1

Abaixo apresentamos exemplos de conjuntos de valores de variáveis tais como poderiam estar na planilha antes de o RISKOptimizer ser acionado, e como seriam dois novos cenários após usar o método de solução agendamento.

Conjunto Original de Valores de Variáveis	Um Conjunto de Possíveis Valores de Receita	Outro Conjunto de Possíveis Valores de Receita
1	1	1
2	1	3
3	3	1
1	1	2
2	2	2
3	3	2

NOTA: Ao selecionar o método de solução agendamento, são sempre usados números inteiros, começando em 1 (1,2,3...), independentemente dos valores originais nas células ajustáveis.

Crossover e Taxa de Mutação

Um dos problemas mais difíceis na busca de soluções ótimas, quando o problema tem aparentemente infinitas possibilidades, é determinar em que se concentrar. Em outras palavras, saber quanto tempo computacional deve ser dedicado a procurar em novas áreas do "espaço de solução" e quanto tempo deve ser dedicado a fazer ajustes finos das soluções na população que já provaram ser bastante razoáveis?

Grande parte do sucesso dos algoritmos genéticos é atribuído à sua habilidade de preservar este equilíbrio de forma inerente. A estrutura do AG permite que boas soluções sejam "mantidas", mas também mantém organismos "menos saudáveis" para preservar a diversidade, na esperança que talvez um gene "latente" se prove importante na solução final.

Crossover e *Mutação* são dois parâmetros que afetam o escopo da busca, e o RISKOptimizer permite que os usuários alterem estes parâmetros antes e durante o processo evolucionário. Desta forma, um usuário versado pode auxiliar o AG decidindo onde ele deve se concentrar. Para a maior parte dos usos, as configurações padrão de crossover e mutação (0,5 e 0,1 respectivamente) não precisam ser ajustadas. Quando quiser fazer um ajuste fino do algoritmo no seu problema, realizar estudos comparativos ou apenas experimentar, eis uma introdução breve a estes dois parâmetros:

- **Crossover.** A taxa de crossover pode ser definida entre 0,01 e 1,0, e representa a probabilidade de que futuros cenários ou "organismos" contenham uma mescla de informações da geração anterior de organismos pais. Esta taxa pode ser alterada por usuários experientes para fazer ajustes fino na performance do RISKOptimizer em problemas complexos.

  Em outras palavras, uma taxa de 0,5 significa que um organismo filho contém aproximadamente 50% de seus valores de variáveis de um pai e os valores remanescentes de outro pai. Uma taxa de 0,9 significa que aproximadamente 90% dos valores do organismo filho virão do primeiro pai e 10% do segundo pai. Uma taxa de crossover de 1 significa que não ocorrerá nenhum crossover, ou seja, apenas clones de pais serão avaliados.

  A taxa padrão usada pelo RISKOptimizer é 0,5. Após o RISKOptimizer começar a resolver um problema, você pode mudar a taxa de crossover usando o Observador do RISKOptimizer (veja a seção sobre o Observador do RISKOptimizer neste capítulo).

- **Taxa de Mutação.** A taxa de mutação pode ser definida entre 0,0 e 1,0 e representa a probabilidade de que futuros cenários contenham apenas valores aleatórios. Uma taxa de mutação mais alta simplesmente significa que mais mutações ou valores aleatórios de "genes" serão introduzidos na população. Como as mutações ocorrem após o crossover, ajustar a taxa de mutação para 1 (100% de valores aleatórios) efetivamente impede que o crossover tenha qualquer efeito, e o RISKOptimizer gerará cenários totalmente aleatórios.

  Se todos os dados da solução ótima estiverem em algum lugar da população, a operação de crossover por si só eventualmente chegaria à solução. A mutação tem se provado uma força poderosa no mundo biológico, por muitas das mesmas razões que a tornam necessária no algoritmo genético: é vital manter uma população de organismos individuais com diversidade, prevenindo esta população de se tornar rígida, engessada, incapaz de se adaptar a um ambiente dinâmico. Assim como no algoritmo genético, são em geral as mutações genéticas em animais que levaram eventualmente ao desenvolvimento de novas funções críticas.

  Para a maioria dos propósitos, a configuração não precisa ser ajustada, mas pode ser alterada por usuários experientes para fazer ajustes finos da performance do RISKOptimizer em problemas complexos. O usuário pode desejar aumentar a taxa de mutação se a população do RISKOptimizer for muito homogênea e nenhuma solução nova tiver sido encontrada nas últimas centenas de tentativas. Mudanças típicas de configuração são de 0,06 para 0,2. Uma vez que o RISKOptimizer tenha iniciado o procedimento de solução, você pode mudar a taxa de mutação dinamicamente usando o Observador do RISKOptimizer (veja a seção sobre o Observado do RISKOptimizer ainda neste capítulo).

  Ao selecionar *Auto* na lista suspensa do campo taxa de mutação, o ajuste automático da taxa de mutação será realizado. O ajuste automático da taxa de mutação permite que o RISKOptimizer aumente a taxa de mutação automaticamente quando um organismo "envelhece" significativamente; ou seja, permaneceu no mesmo lugar por um número extenso de tentativas. Para muitos modelos, especialmente quando a taxa de mutação ótima não é conhecida, selecionar Auto pode fornecer melhores resultados de modo mais rápido.

Número de Blocos de Tempo e Células Restritas

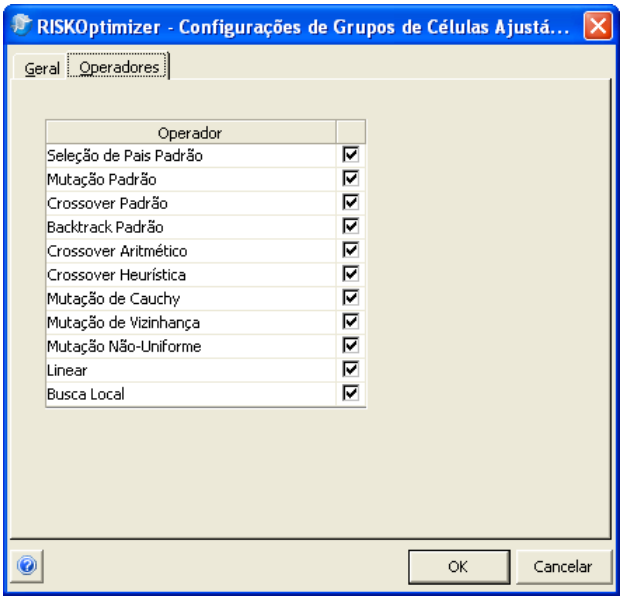
Para obter mais informações sobre estas opções, veja o método de solução *Agendamento* na seção de *Métodos de Solução* deste capítulo.

Tarefas Precedentes

Para obter mais informações sobre estas opções, veja o método de solução Projeto na seção de Métodos de Solução deste capítulo.

Operadores

O RISKOptimizer inclui operadores genéticos selecionáveis quando utilizado com o método de solução Receita. Clicar na **aba Operadores** no Diálogo Grupo de Células Ajustáveis permite que você selecione um operador genético específico (como uma heurística de crossover ou mutação de vizinhança) a ser usado quando forem gerados possíveis valores para um conjunto de células ajustáveis. Além disso, você pode fazer com que o RISKOptimizer teste automaticamente todos os operadores disponíveis e identifique o que funciona melhor para o seu problema.



Algoritmos genéticos usam operadores genéticos para criar novos membros da população a partir dos membros atuais. Dois dos tipos de operadores genéticos que o RISKOptimizer emprega são *mutação* e *crossover*. O operador de mutação determina se mudanças aleatórias em "genes" (variáveis) ocorrerão e como ocorrerão. O operador de crossover determina como pares de membros em uma população trocam genes entre si para produzir "filhos" que possam ser melhores respostas que ambos os "pais". O RISKOptimizer inclui os seguintes operadores genéticos especializados:

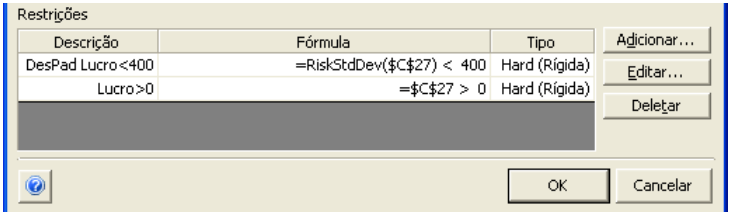
- **Operadores Lineares –** Projetados para resolver problemas nos quais a solução ótima está no limite do espaço de busca definido pelas restrições. Este par de operadores de mutação e crossover se presta para resolução de problemas de otimização linear.
- **Mutação em Vizinhança –** Projetado para otimizar rapidamente variáveis que afetam o resultado de uma forma monotônica e que podem ser definidas para valores extremos de sua faixa de variação sem violar restrições.
- **Mutação de Cauchy–** Projetado para produzir pequenas mudanças nas variáveis na maior parte do tempo, podendo ocasionalmente gerar grandes alterações.
- **Mutação Não-Uniforme –** Produz mutações cada vez maiores à medida que mais tentativas são calculadas, o que permite que o RISKOptimizer faça um "ajuste fino" das respostas.
- **Crossover Aritmético –** Cria novos filhos com uma combinação aritmética dos respectivos pais (em vez de trocar genes).
- **Crossover Heurístico –** Usa valores produzidos pelos pais para determina como o filho é produzido. A busca na direção mais promissora e fornece ajuste fino.

Dependendo do tipo de problema de otimização, certas combinações diferentes de operadores de mutação e crossover podem fornecer melhores resultados que outras. Na aba Operadores do diálogo Configurações do Grupo de Células Ajustáveis, ao usar o método de solução Receita, qualquer número de operadores pode ser selecionado. Quando forem feitas múltiplas seleções, o RISKOptimizer testará combinações válidas dos operadores selecionados para identificar os que terão performance melhor para seu modelo. Após uma rodada, a *planilha resumo de Otimização* ordena cada um dos operadores selecionados de acordo com sua performance durante a mesma. Para rodadas subsequentes do mesmo modelo, selecionar apenas os melhores operadores pode levar a otimizações mais rápidas e melhores.

NOTA: ***Ao criar múltiplos grupos de células ajustáveis, assegure-se de que nenhuma célula da planilha esteja incluída em vários grupos de células ajustáveis. Cada grupo de células ajustáveis deve conter células ajustáveis únicas, porque os valores no primeiro grupo de células seria ignorado e sobrescrito pelos valores no segundo grupo de células ajustáveis. Se achar que um problema precisa ser representado por mais de um método de solução, pense em como dividir as variáveis em dois ou mais grupos.***

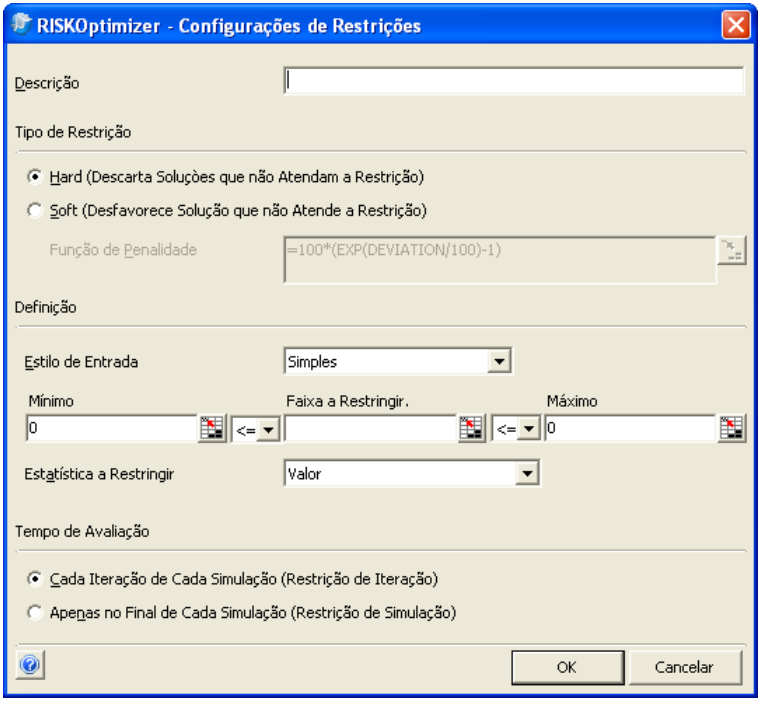
Restrições

O RISKOptimizer permite que você insira restrições ou condições que devem ser atendidas para que uma solução seja válida. As restrições inseridas são exibidas na **tabela de Restrições,** na caixa de diálogo de Definição do Modelo.



Adicionar – Adicionando Restrições

Clicar no botão *Adicionar* próximo à tabela de Restrições exibe a caixa de diálogo **Configurações de Restrições**, na qual as restrições são inseridas. Nesta caixa de diálogo, você pode inserir o tipo de restrição desejada, sua descrição, tipo, definição e tempo de avaliação.



Tipo de Restrição

Há dois tipos de restrição que podem ser especificados no RISKOptimizer:

- **Rígidas**, ou condições que devem ser atendidas para que uma solução seja válida (ou seja, uma restrição hard ou rígida poderia ser C10<=A4; neste caso, se uma solução gerar um valor de C10 que seja maior que o valor da célula A4, a solução será descartada).
- **Flexíveis**, ou condições que desejamos que sejam atendidas tanto quanto possível, mas que poderíamos trocar por uma grande melhoria no resultado da célula-alvo ou função objetivo (ou seja, uma restrição soft ou flexível poderia ser C10<100; entretanto, C10 poderia exceder 100, mas quando isso ocorrer o valor calculado para a célula-alvo seria reduzido de acordo com a função de penalidade que você inseriu).

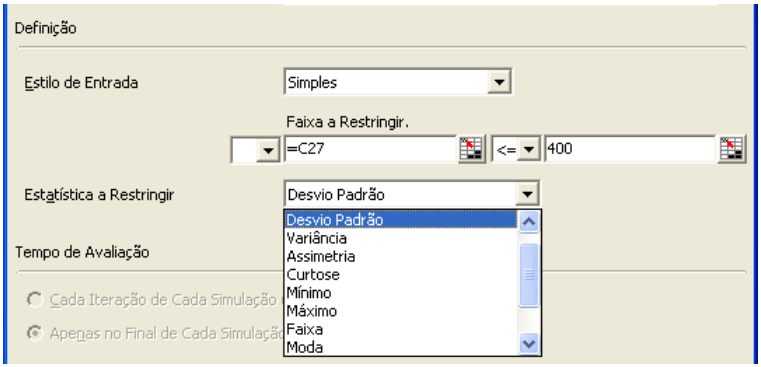
Tempo de Avaliação

Restrições rígidas podem ser avaliadas **1) a cada iteração de uma execução de simulação para uma solução teste (uma restrição de "iteração")**, ou **2) no final da execução da simulação para uma solução teste (uma restrição de "simulação")**.

- Uma **restrição de iteração** é uma restrição que é avaliada a cada iteração de uma execução de simulação para uma dada solução teste. Se uma iteração resultar em valores que violam a restrição hard, a simulação é interrompida (e a solução teste é rejeitada) e a nova solução teste e sua situação associada começam.
- Uma **restrição de simulação** é especificada em termos de uma estatística de simulação para uma célula da planilha; por exemplo, a *Média de A11>1000*. Neste caso, a restrição é avaliada no final da simulação. Uma restrição de simulação, ao contrário da restrição de iteração, nunca fará que uma simulação seja interrompida antes de ser completada.

Restrições de Simulação

Uma *restrição de simulação* é especificada em termos da estatística da simulação para uma célula da planilha; por exemplo, a *Média de A11>1000*. A estatística a ser usada na restrição é selecionada na lista suspensa disponível:



Quando uma restrição de simulação é usada, uma distribuição de possíveis valores para a *Faixa a Restringir* é gerada durante a simulação de cada solução teste. No final de cada simulação, a restrição é checada para verificar o atingimento ou não. Se a restrição de simulação é uma restrição hard e a restrição não for atendida, a estatística da célula-alvo que está sendo minimizada ou maximizada é penalizada de acordo com a função de penalidade inserida (veja a próxima seção *Restrições Flexíveis*).

Restrições Simples e de Fórmula

Dois formatos – ***Simples*** e ***Fórmula*** – podem ser usados para inserir restrições. O tipo de informação que você insere para uma restrição depende do formato selecionado.

- **Formato Simples** – O formato S*imples* permite que as restrições sejam inseridas usando as relações simples <, <=, >, >= ou = onde uma célula é comparada com um número inserido. Uma restrição Simples típica seria:

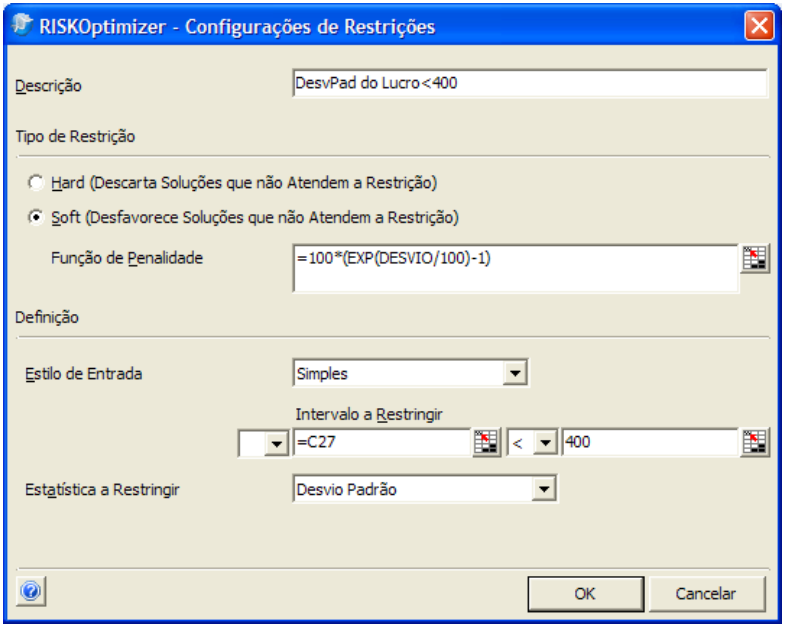
  0<Valor de A1<10

  onde A1 é inserido na caixa *Faixa da Célula*, 0 é inserido na caixa *Min* e 10 é inserido na caixa *Max*. O operador desejado é selecionado nas caixas de listas suspensas. Com o formato de restrição simples de faixa de valores, você pode inserir apenas um valor Min, apenas um Max ou ambos. Os valores Min e Max inseridos devem ser numéricos, no formato de restrição de faixa simples de valores.

- **Formato Fórmula** – O formato Fórmula permite que você insira qualquer fórmula válida do Excel como uma restrição, tal como A19<(1.2*E7)+E8. O RISKOptimizer verificará se a fórmula inserida resulta em VERDADEIRO ou FALSO para verificar se a restrição foi atingida.

Restrições Flexíveis (Soft)

Restrições flexíveis ou soft são condições que desejaríamos que fossem atendidas tanto quanto possível, mas que poderíamos trocar por uma grande melhoria no resultado da célula-alvo ou função objetivo. Quando uma restrição flexível não é atendida, ela causa uma alteração na função objetivo ou valor da célula-alvo no sentido contrário do seu valor ótimo. A quantidade de alteração causada por uma restrição soft não atendida é calculada usando uma função de penalidade que é inserida quando você especifica a restrição flexível.

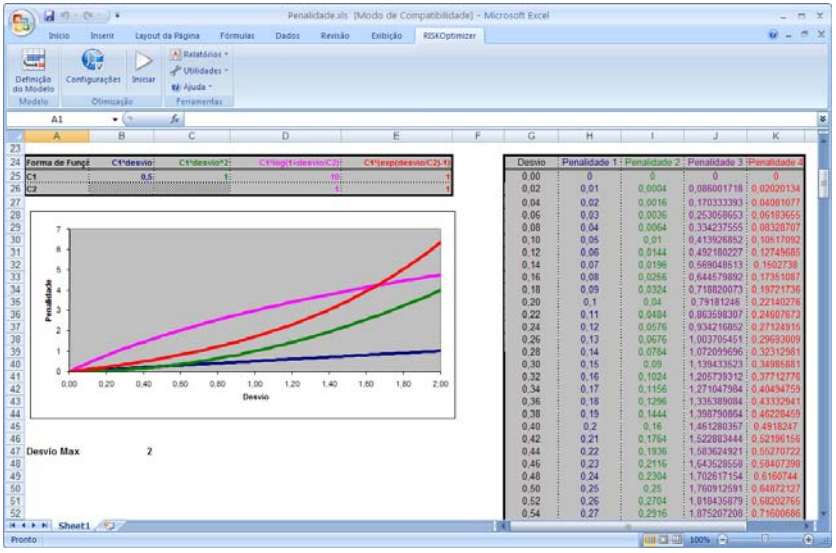


Mais informação sobre funções de penalidade a seguir:

- **Inserindo uma Função de Penalidade.** O RISKOptimizer possui uma função penalidade padrão que é exibida quando você insere uma restrição soft. Qualquer fórmula válida do Excel pode, entretanto, ser inserida para calcular a quantidade de penalidade a ser aplicada quando a restrição soft não é atendida. Uma função penalidade inserida deve incluir a palavra-chave ***desvio***, que representa a quantidade absoluta pela qual a restrição foi além de seu limite. No final de cada simulação para uma solução teste o RISKOptimizer verifica se a restrição soft foi atendida; se não foi, insere a quantidade de desvio na fórmula da função de penalidade inserida e então calcula o valor da penalidade a ser aplicada na estatística da célula-alvo.

  O valor da penalidade pode ser tanto subtraído quanto somado à estatística calculada para a célula-alvo, de forma a torná-la menos "ótima". Por exemplo, se no campo *Meta de Otimização,* no Diálogo do Modelo do RISKOptimizer, foi escolhido *Máximo*, a penalidade será subtraída da estatística calculada para a célula-alvo.

- **Visualizando os Efeitos de uma Função Penalidade Inserida.** O RISKOptimizer inclui uma planilha Excel chamada PENALTY.XLS que pode ser usada para avaliar os efeitos de diferentes funções de penalidade em restrições soft específicas e em resultados de células alvo.



A planilha PENALTY.XLS permite que você selecione uma restrição soft de seu modelo cujos efeitos deseja analisar. Você pode então alterar a função de penalidade para verificar como a função irá mapear um valor específico para a restrição soft não atendida em um valor específico de alvo penalizado. Por exemplo, se a sua restrição soft é A10<100, você pode usar a PENALTY.XLS para verificar qual seria o valor do alvo se um valor de 105 fosse calculado para a célula A10.

- **Visualizando as Penalidades Aplicadas.** Quando uma penalidade é aplicada para uma célula-alvo devido a uma restrição soft não atendida, a quantidade de penalidade aplicada pode ser visualizada no Observador do RISKOptimizer. Além disso, os valores de penalidades são exibidos nas planilhas de Registro de Otimização, criadas opcionalmente após a otimização.

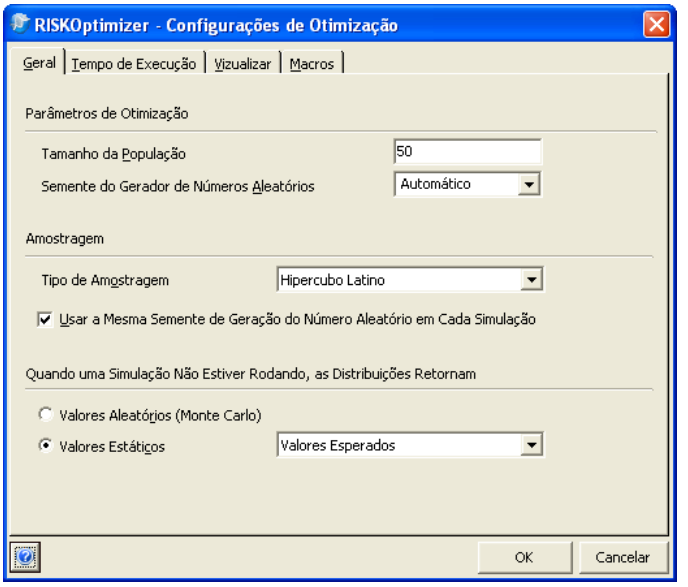
NOTA: Se você inserir uma solução na sua planilha usando as opções* Atualizar Células Ajustáveis *no diálogo* Parar, *o resultado da célula calculado exibido na planilha não incluirá quaisquer penalidades aplicadas devido a restrições soft não atendidas. Verifique na planilha de resumo da otimização do* RISKOptimizer *se o resultado da célula-alvo penalizada é a quantidade de penalidade imposta devido a cada restrição soft não atendida.

- **Implementando Restrições Soft em Fórmulas da Planilha.** Funções de Penalidade podem ser implementadas diretamente nas fórmulas de sua planilha. Se restrições soft forem implementadas diretamente na planilha elas não devem ser inseridas no diálogo principal do RISKOptimizer. Para obter mais informações sobre implementação de funções de penalidade na sua planilha, veja a seção *Restrições Flexíveis* no Capítulo 9: Extras do RISKOptimizer.

Comando Configurações de Otimização – Aba Geral

Define as configurações gerais para uma otimização

A aba Geral do diálogo Configurações de Otimização exibe configurações para o tamanho da população, atualização de display e semente de geração do número aleatório.



As Opções de **Parâmetros de Otimização** na aba Geral incluem:

- **Tamanho da População.** O tamanho da população diz ao RISKOptimizer quantos organismos (ou conjuntos completos de variáveis) devem ser armazenados na memória a qualquer momento. Embora ainda haja muito debate e pesquisa com relação ao tamanho ótimo da população para ser utilizado em diferentes problemas, recomendamos em geral o uso de 30 a 100 organismos em sua população, dependendo do tamanho do problema (maiores populações para maiores problemas). A visão comum é que uma população maior leva mais tempo para chegar a uma solução, mas tem maior possibilidade de encontrar uma resposta global pela maior diversidade de genes presentes.

- **Semente do Gerador de Números Aleatórios.** A opção Semente do Gerador de Números Aleatórios permite que você defina o valor inicial da semente para o gerador de números aleatórios usado no RISKOptimizer. Quando o mesmo valor de semente é usado, uma otimização gerará as mesmas exatas respostas para o mesmo modelo, contanto que este não tenha sido modificado e que a opção **Usar a Mesma Semente de Geração do Número Aleatório em cada Simulação** esteja selecionada. A opção **Usar a Mesma Semente de Geração do Número Aleatório em cada Simulação** deve ser marcada para assegurar que não seja introduzida aleatoriedade desnecessária nos resultados da simulação entre uma simulação e outra . O valor da semente deve ser um inteiro na faixa de 1 a 2147483647.

Opções de Amostragem na aba Geral incluem:

- **Tipo de Amostragem.** Opções de tipo de Amostragem de Simulação definem o tipo de amostragem usada durante cada execução de simulação durante a otimização. Tipos de amostragem variam na forma pela qual retiram amostras da faixa de uma distribuição. A amostragem Hipercubo Latino recria de forma precisa as distribuições de probabilidade especificadas pelas funções de distribuições em menos iterações, quando comparada com a amostragem de Monte Carlo. Recomendamos o uso do Hipercubo Latino, a configuração padrão de tipo de amostragem, a menos que sua situação de modelagem requeira especificamente a amostragem de Monte Carlo.
- **Usar a Mesma Semente de Geração do Número Aleatório em cada Simulação.** Esta opção especifica que o RISKOptimizer utilize uma sequência de números aleatórios repetida em cada simulação que executar, assegurando que as distribuições retornem as mesmas amostras em cada simulação de teste na otimização.

Opções para **Quando uma Simulação Não estiver Rodando, as Distribuições Retornam** controlam o que é exibido quando <F9> é pressionada e um recálculo padrão do Excel é realizado. As opções incluem:

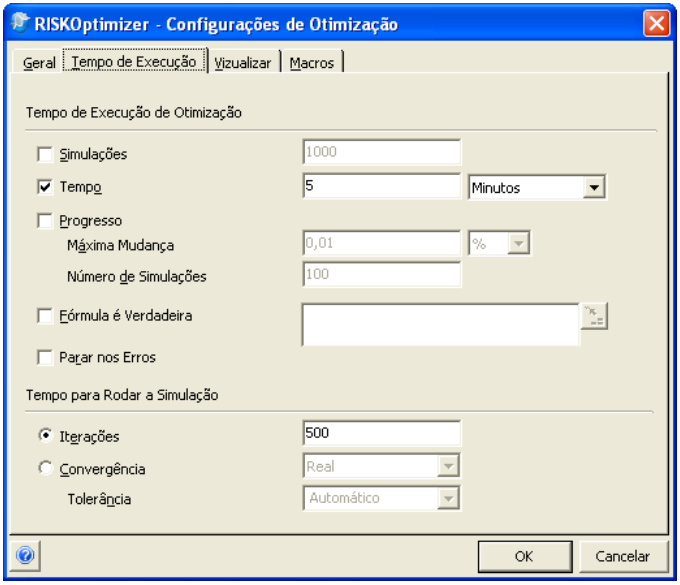
- **Valores Aleatórios (Monte Carlo).** Neste modo, as funções de distribuição retornam uma amostra aleatória Monte Carlo durante um recálculo normal. Esta configuração permite que os valores da planilha apareçam da forma que ocorreria durante a execução de uma simulação com novas amostras retiradas de funções de distribuição durante cada recálculo.

- **Valores Estáticos.** Neste modo, as funções de distribuição retornam valores Estáticos inseridos em uma função de propriedade RiskStatic durante um recálculo regular. Se um valor estático não estiver definido para uma distribuição, ele irá retornar:
  - **Valor Esperado,** ou o valor médio ou esperado de uma distribuição. Para distribuições discretas, a configuração Valor Esperado "Corrigido" utilizará o valor discreto da distribuição mais próximo do verdadeiro valor esperado como valor alternativo.
  - **Valor Esperado "Verdadeiro".** Esta configuração faz com que os mesmos valores da opção Valor Esperado "Corrigido" sejam exibidos, exceto no caso de tipos de distribuições discretas como a DISCRETA, POISSON e similares. Para estas distribuições, o verdadeiro valor esperado será usado como valor estático até quando este valor não pode ocorrer para a distribuição inserida, ou seja, não é um dos pontos discretos da distribuição.
  - **Moda,** ou o valor da moda da distribuição.
  - **Percentil,** ou o valor do percentil inserido para cada distribuição.

Comando Configurações de Otimização – Aba Tempo de Execução

Define as configurações de tempo de execução de uma otimização

A aba Tempo de Execução do diálogo Configurações de Otimização exibe configurações do RISKOptimizer que determinam o tempo de execução da otimização. Estas condições de parada especificam como e quando o RISKOptimizer interromperá a otimização. Após selecionar o comando Iniciar Otimização, o RISKOptimizer rodará continuamente, buscando melhores soluções e rodando simulações até que o critério de parada selecionado seja atendido. Você pode acionar um número qualquer de condições ou nenhuma, se desejar que o RISKOptimizer faça a busca indefinidamente (até você interromper manualmente). Quando múltiplas condições são marcadas, o RISKOptimizer pára assim que uma das condições seja atendida. Você também pode ignorar estas restrições e parar o RISKOptimizer manualmente a qualquer momento usando o botão Parar, na janela do Observador do RISKOptimizer ou na janela Progresso.



Opções de Tempo de Execução de Otimização

Opções de **Tempo de Execução de Otimização** na aba de tempo de execução incluem:

- **Simulações –** Esta opção, quando definida, interrompe o RISKOptimizer quando o dado número de simulações for executado. Uma simulação é executada para cada solução teste rodada pelo RISKOptimizer.

  A configuração Simulações é particularmente útil quando se compara a eficiência do RISKOptimizer por meio de diferentes métodos de modelagem. Alterando a forma que você modela um problema ou escolhendo um método de solução diferente, você pode aumentar a eficiência do RISKOptimizer. Fazer um modelo rodar um determinado número de simulações indicará quão eficientemente o RISKOptimizer está convergindo para a solução, independentemente de quaisquer diferenças no número de variáveis escolhidas, velocidade do hardware utilizado, ou o tempo de atualizar a tela. A planilha sumário de otimização do RISKOptimizer também é útil na comparação de resultados entre execuções. Para obter mais informação sobre as planilhas Sumário de Otimização, veja a seção Observador do RISKOptimizer – Condições de Parada, neste capítulo.

- **Tempo –** Esta opção, quando definida, faz com que o RISKOptimizer pare de simular cenários depois de um dado número do horas, minutos ou segundos terem passado. Esta entrada pode ser qualquer número real positivo (600, 5.2, etc.).

- **Progresso –** Esta opção, quando definida, faz com que o RISKOptimizer pare de simular cenários quando a melhoria na célula-alvo for menor que uma quantidade específica (critério de mudança). Você pode especificar, através de um número inteiro, o número de simulações após as quais você verifica a melhoria. Um valor percentual – como 1% - pode ser inserido como a máxima mudança de valor no campo *Máxima Mudança*.

Suponha que você esteja tentando maximizar a média da célula-alvo, e após 500 simulações, a melhor resposta encontrada até então é 354,8. Se a opção "*Progresso*" for a única condição de parada selecionada, o RISKOptimizer irá pausar na simulação 600 e apenas continuará se tiver sido capaz de encontrar uma solução melhor que 354,9 nestas últimas 100 simulações. Em outras palavras, se as respostas do RISKOptimizer não tiverem melhorado pelo menos 0,1 nas últimas 100 simulações, o RISKOptimizer presume que há pouca otimização a ser feita e interrompe a busca. Para problemas mais complexos, você pode desejar aumentar o número de simulações que o RISKOptimizer percorre (500) antes de decidir se há melhoria suficiente para continuar.

Esta é a condição mais usada de parada, porque fornece ao usuário uma forma efetiva de interromper o RISKOptimizer após a taxa de melhoria ter caído bastante e o RISKOptimizer não estar mais sendo capaz de gerar melhores soluções. Se estiverem sendo exibidos os gráficos de melhores resultados na aba de Progresso do Observador do RISKOptimizer, estes se tornarão planos após um tempo antes da condição ser atendida e o RISKOptimizer parar. "*Progresso*" é na verdade somente uma forma automática de fazer o que você poderia fazer a partir do gráfico – deixá-lo rodar até que a taxa de melhoria praticamente zere.

- **Fórmula é Verdadeira.** Esta condição de parada faz com que a otimização se encerre sempre que a fórmula Excel inserida (ou referenciada) retorne VERDADEIRO durante a otimização.
- **Parar nos Erros** Esta condição de parada faz com que a otimização se encerre sempre que um valor de Erro é calculado para a célula-alvo.

***NOTA**: Você também pode selecionar nenhuma condição de parada, e o* **RISKOptimizer** *rodará indefinidamente até que você pressione o botão Parar na janela do* **Observador do RISKOptimizer.**

Opções de Tempo para Rodar a Simulação

Opções de Tempo para Rodar a Simulação especificam como o RISKOptimizer determinará quando deve parar cada simulação que está rodando. Você pode rodar um número fixo de iterações ou, alternativamente, deixar que o RISKOptimizer determine quando interromper cada simulação.

Opções de Tempo de Execução de Simulação na aba Tempo de Execução incluem:

- **Iterações –** Esta opção permite que você rode cada simulação por um número fixo de iterações. Neste caso, o RISKOptimizer rodará o número especificado de iterações para cada simulação executada para cada solução teste gerada pelo RISKOptimizer (exceto se a mesma for interrompida prematuramente quando uma restrição de iteração não for atendida).
- **Convergência** - A Convergência pode ser usada como uma condição de parada de simulação utilizando a convergência **Real** ou **Projetada**:
  - **Convergência Real** instrui o RISKOptimizer a interromper cada simulação quando as distribuições geradas tanto para 1) a célula-alvo da otimização quanto para as 2) células referenciadas em restrições de simulação sejam estáveis e as estatísticas de interesse convirjam. A quantidade de variação permitida em uma estatística considerada "convergente" é definida pela opção *Tolerância*.
  - **Convergência Projetada** - Esta opção instrui o RISKOptimizer a interromper cada simulação quando pode projetar internamente que as distribuições geradas tanto para 1) a célula-alvo da otimização quanto para as 2) células referenciadas em restrições de simulação estáveis. O RISKOptimizer projeta convergência com base nos resultados de simulações anteriores que foram rodadas durante a otimização.

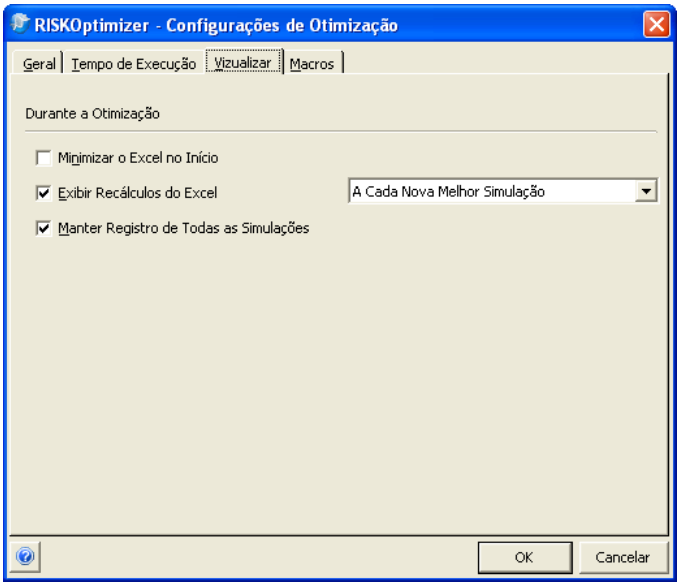
Permitir que o RISKOptimizer controle quando parar é recomendado, para assegurar que um número suficiente (mas não exagerado!) de iterações seja rodado de forma que as estatísticas de outputs retornadas para o otimizador sejam estáveis. Você pode, entretanto, desejar limitar as iterações rodadas especificando um número fixo de iterações para acelerar as otimizações. Isto pode ser feito quando os modelos são muito grandes ou cada recálculo do Excel leva muito tempo.

A opção **Tolerância** assume um valor de 1 a 100 (ou *auto*), definindo a mudança permitida quando a estatística de interesse é considerada convergente. Uma definição baixa requer muito pouca mudança na estatística para que seja considerada "convergente"; em contraste, definições altas, próximas a 100, permitem grandes variações em estatísticas convergidas. A troca de configurações de baixa e alta tolerância é a quantidade de tempo requerida para rodar uma otimização. Muitas iterações adicionais por simulação podem ser necessárias para atingir a convergência com uma configuração de baixa tolerância, em geral sem nenhuma melhoria marcada nos resultados gerais da otimização. Selecionar *Auto* especifica que o RISKOptimizer definirá a tolerância para convergência por você.

Comando Configurações de Otimização – Aba Visualizar

Define as configurações de visualização para uma otimização

A aba Visualizar do diálogo Configurações de Otimização exibe as configurações do RISKOptimizer que determinam o que será exibido durante uma otimização.



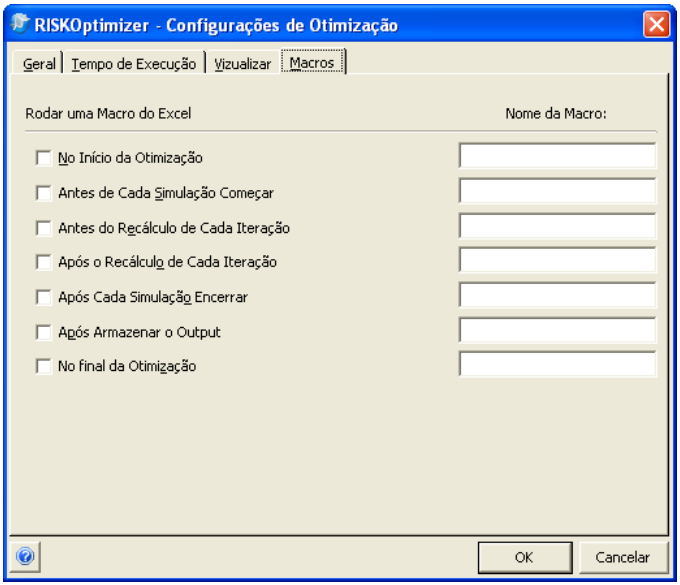
As opções da aba Visualizar incluem:

- **Minimizar o Excel no Início**. Esta opção minimiza o Excel quando uma otimização é iniciada.
- **Mostrar Recálculos do Excel**. Especifica uma atualização do Excel ou **A Cada Nova Melhor Simulação** ou no final de **Cada Simulação**. Note que em algumas situações a tela será atualizada independentemente destas configurações, como quando a simulação é pausada.
- **Manter Registro de Todas as Simulações**. Esta opção especifica que o RISKOptimizer mantenha um registro atualizado de cada nova simulação realizada. Este registro pode ser visto na Janela do Observador do RISKOptimizer.

Comando Configurações de Otimização – Aba Macros

Define macros a serem rodadas durante uma otimização

Macros em VBA podem ser rodadas em diferentes momento durante uma otimização e durante uma execução de simulação para cada solução teste. Isto permite o desenvolvimento de cálculos customizados que podem ser chamados durante uma otimização.



As Macros podem ser executadas nos seguintes momentos durante uma otimização:

- **No Início da Otimização –** a macro roda após o ícone Rodar ser clicado; antes da primeira solução teste ser gerada.
- **Antes de Cada Simulação Começar –** a macro roda antes de cada simulação que é executada (uma simulação para cada solução teste gerada pelo otimizador).
- **Antes do Recálculo de Cada Iteração –** a macro roda após amostragem, mas antes do recálculo de cada iteração de cada simulação que é executada. A Macro é rodada após as amostras serem amostradas de funções de distribuição de probabilidade para a iteração, mas antes do cálculo subseqüente do modelo.

- **Após o Recálculo de Cada Iteração** - a macro roda após cada iteração de cada simulação que é executada. A Macro é rodada após as amostras serem amostradas de funções de distribuição de probabilidade para a iteração e do recálculo do modelo usando estas amostras; mas antes do valor para a célula-alvo ter sido coletado.
- **Após Cada Simulação Encerrar –** a macro roda após cada simulação que é executada, mas antes da estatística que está sendo otimizada para a distribuição da célula-alvo ser armazenada.
- **Após Armazenar o Output** - a macro roda após cada simulação que é executada e após a estatística que está sendo otimizada para a distribuição da célula-alvo ser armazenada.
- **No Final da Otimização –** a macro roda quando a otimização está finalizada.

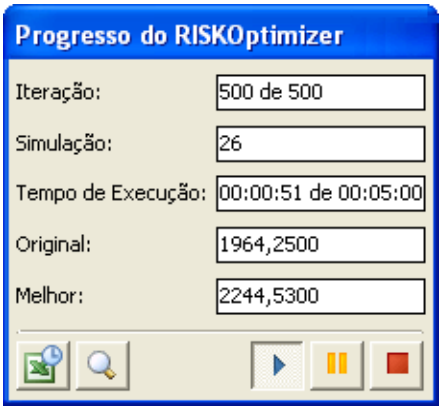
Esta funcionalidade permite que os cálculos que só podem ser realizados através do uso de uma macro sejam feitos durante uma otimização. Exemplos de tais cálculos realizados por macros são cálculos em "loop" iterativo e cálculos que requerem novos dados de fontes externas.

O **Nome da Macro** define a macro a ser rodada.

Comando Iniciar Otimização

Inicia uma otimização

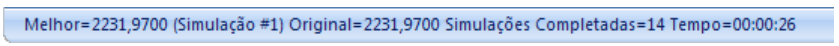
Ao selecionar o comando Iniciar Otimização ou clicar no ícone Iniciar Otimização, é iniciada uma otimização do modelo e da planilhas ativas. Quando o RISKOptimizer estiver rodando, você verá a seguinte **Janela de Progresso** do RISKOptimizer.



A Janela de Progresso exibe:

- **Iteração** ou o número de iterações rodadas na simulação atual.
- **Simulação** ou o número total de simulações que foram executadas e **# de Válidas** indica o número destas simulações para as quais as restrições foram atendidas.
- **Tempo de Execução** ou o tempo total gasto na rodada (tempo de execução).
- **Original** ou o valor original da estatística da célula-alvo, conforme calculado em uma simulação inicial rodada empregando os valores existentes na planilha para as células ajustáveis.
- **Melhor** ou o melhor valor atual para a estatística de célula-alvo que está sendo minimizada ou maximizada.

Durante uma otimização, a barra de status no Excel também exibe o progresso atual da análise.



As opções na Barra de Ferramentas da Janela de Progresso do RISKOptimizer incluem:

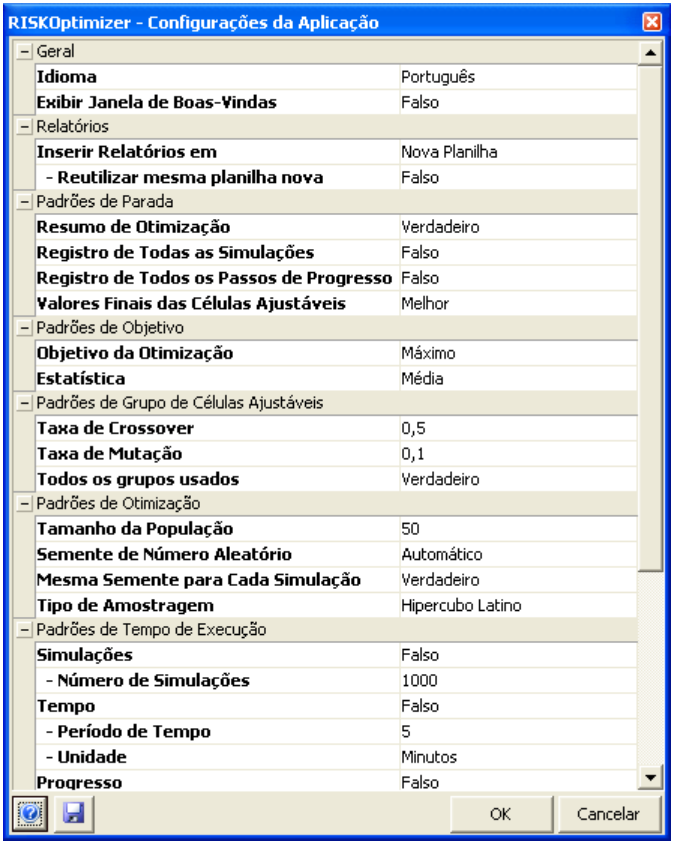
- **Exibir Opções de Atualização do Excel**. Selecionada para atualizar a tela do Excel **A Cada Simulação**, em **Cada Nova Melhor Solução** ou **Nunca**. Note que em algumas situações a tela será atualizada independentemente destas configurações, como quando a otimização for pausada.
- **Exibir Observador do RISKOptimizer**. Exibe a Janela Completa do Observador do RISKOptimizer.
- **Rodar.** Clicar no ícone Rodar faz com que o RISKOptimizer comece a buscar a solução baseada na descrição atual do Diálogo de Modelo do RISKOptimizer. Se você pausar o RISKOptimizer, poderá ainda clicar no botão Rodar para continuar a busca as melhores soluções.
- **Pausar.** Se quiser pausar o processo do RISKOptimizer, basta clicar no ícone Pausar para "congelar" temporariamente o processo do RISKOptimizer. Enquanto estiver pausado, você pode desejar abrir e explorar o Observador do RISKOptimizer e alterar parâmetros, visualizar a população completa, um relatório de status ou copiar um gráfico.
- **Parar.** Pára a otimização.

Comandos de Utilidades

Comando Configurações de Aplicação

Exibe os Diálogos das Configurações de Aplicação, nos quais os padrões do programa podem ser definidos

Uma grande variedade de configurações do RISKOptimizer pode ser definida como valores padrão que serão usados toda vez que o RISKOptimizer rodar. Estes incluem Padrões de Parada, Taxas de Mutação e Crossover Padrão e outros.

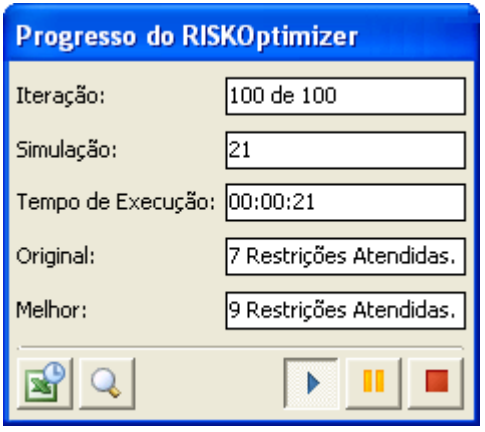


Comando Solver de Restrições

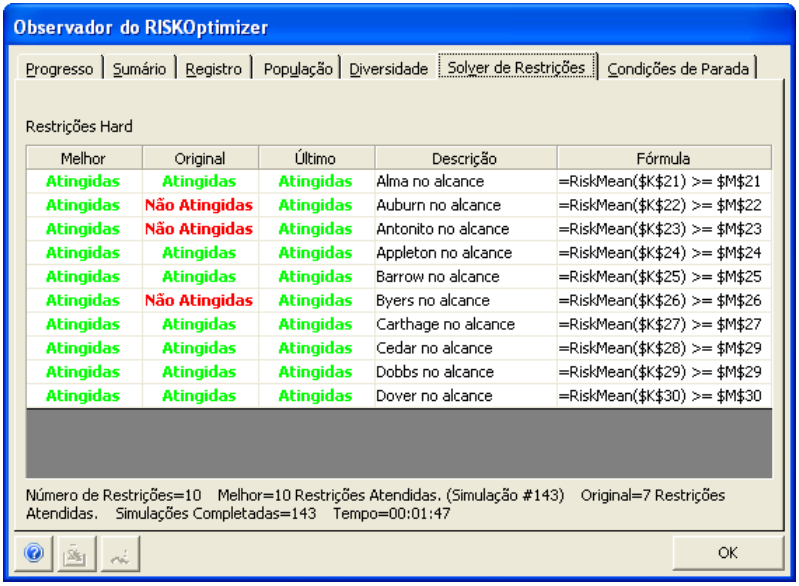
Executa o Solver de Restrições

O Solver de Restrições aumenta a capacidade do RISKOptimizer de lidar com as restrições do modelo. Quando o RISKOptimizer executa uma otimização, ele pressupõe que os valores ajustáveis originais da célula satisfazem todas as restrições rígidas (hard), ou seja, que a solução original é válida. Se esse não for o caso, o algoritmo poderá executar um número muito grande de simulações até encontrar a primeira solução válida. Contudo, se determinado modelo contiver várias restrições, nem sempre é óbvio quais valores de células ajustáveis atenderão as restrições.

Se o modelo do RISKOptimizer contiver várias restrições rígidas (hard) e a otimização falhar, isto é, todas as soluções forem inválidas, aparecerá uma notificação; nesse caso, pode-se executar o Solver de Restrições. O Solver de Restrições executa uma otimização em um modo especial, com o objetivo de encontrar uma solução que atenda a todas as restrições rígidas (hard). O andamento da otimização é mostrado ao usuário da mesma forma que nas otimizações normais. A **Janela de Progresso** mostra o número de restrições que foram atendidas pela solução original e pela melhor solução.



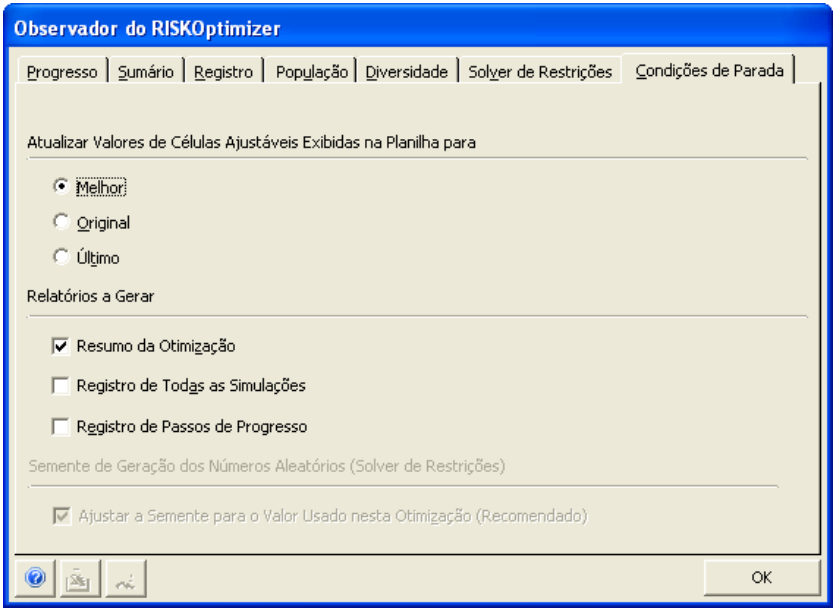
Um botão na Janela de Progresso permite que o usuário passe para o Observador do RISKOptimizer. No modo Solver de Restrições, os detalhes do andamento da otimização podem ser vistos da mesma forma que nas otimizações efetuadas no modo normal, nas abas **Progresso**, **Sumário**, **Registro**, **População** e **Diversidade.** No modo Solver de Restrições, o Observador contém uma aba adicional denominada **Solver de Restrições**. Essa aba apresenta o status de cada restrição rígida (**Atingidas** ou **Não Atingidas**) nas soluções Melhor, Original e Última.



A otimização feita pelo Solver de Restrições pára automaticamente quando é encontrada uma solução que atenda a todas as restrições rígidas; a otimização também pode ser parada clicando-se no botão da janela de progresso ou no Observador do RISKOptimizer. Após o Solver de Restrições ser executado, você pode escolher entre as soluções Melhor, Original ou Última, como faz nas otimizações em modo normal, na aba de Opções de Parada do Observador do RISKOptimizer.

Observe que não há necessidade de configurar o Solver de Restrições antes de executá-lo. Ele usa as configurações especificadas no modelo, mudando apenas o objetivo da otimização; o novo objetivo é encontrar uma solução que atenda a todas as restrições rígidas.

A aba **Condições de Parada** contém uma opção recomendada adicional: **Ajustar a Semente para o Valor Usado nesta Otimização (Recomendado).** Esta opção existe porque se a semente do gerador de número aleatório não for fixa, as restrições que foram atendidas durante uma execução do Solver de Restrições talvez não o sejam durante uma execução em modo normal, mesmo se os valores de células ajustáveis forem os mesmos (pois os resultados da simulação dependem da semente). A opção aparece como acinzentada se a semente foi fixada no diálogo Configurações da Otimização antes da execução do Solver de Restrições.



Observador do RISKOptimizer

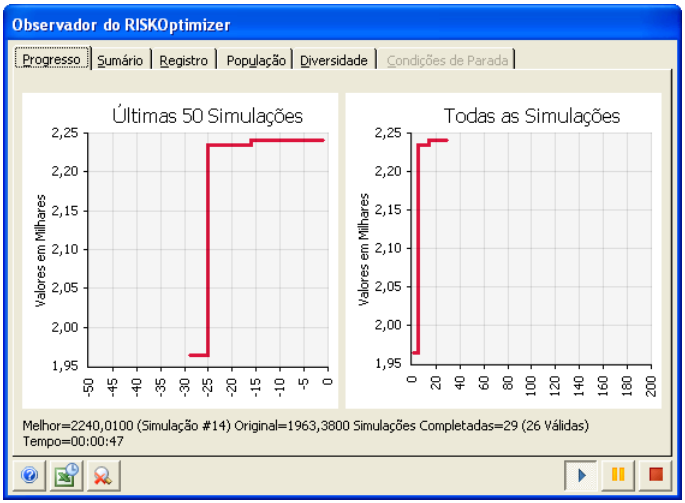
O ícone de lente de aumento na Barra de Ferramentas de Janela de Progresso exibe o Observador do RISKOptimizer. O Observador do RISKOptimizer é responsável por regular e relatar toda a atividade do RISKOptimizer.

A partir do Observador do RISKOptimizer, você pode alterar parâmetros e analisar o progresso da otimização. Você também pode visualizar informações sobre o problema em tempo real e informações sobre o progresso do RISKOptimizer, na barra de status ao longo da parte inferior do Observador do RISKOptimizer.

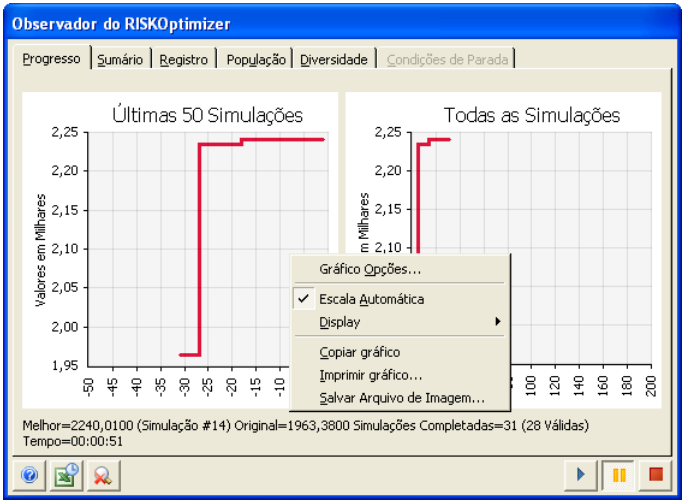
Observador do RiskOptimizer – Aba de Progresso

Exibe gráficos de progresso para o valor da célula-alvo

A **Aba de Progresso** do Observador do RISKOptimizer exibe graficamente como os resultados estão se alterando a cada simulação, para a célula-alvo selecionada.

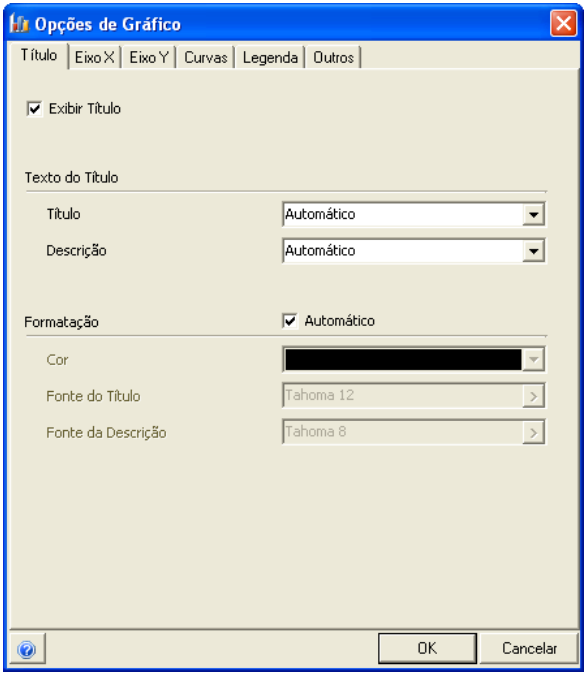


Os gráficos de progresso mostram a contagem da simulação no eixo X e o valor da célula-alvo no eixo Y. Os gráficos de progresso podem ter sua escala alterada clicando nos limites dos eixos e arrastando os mesmos para novos valores da escala. Alternativamente, clicar com o botão direito no gráfico de Progresso exibe o diálogo de **Opções de Gráfico** onde pode ser feita customização adicional dos gráficos.



Diálogo de Opções de Gráfico

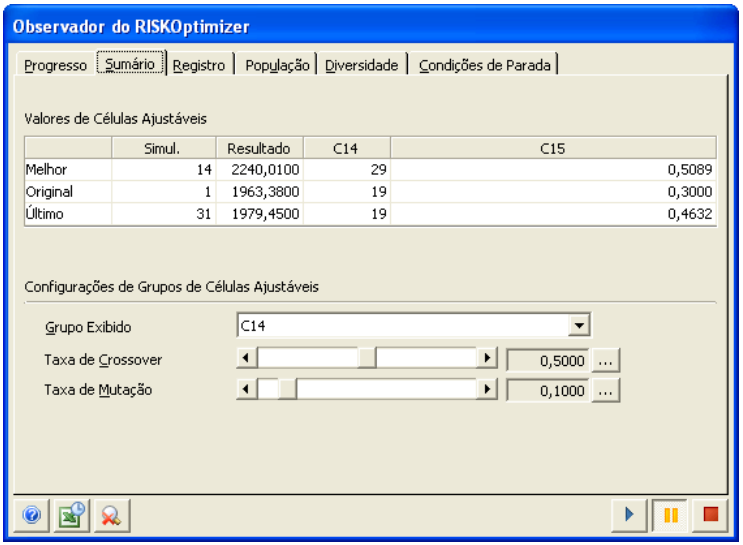
O diálogo de Opções de Gráfico exibe configurações que controlam os títulos, legendas, escala e fontes usadas no gráfico exibido.



Observador do RISKOptimizer – Aba Sumário

Exibe detalhes para os valores das células ajustáveis

A **Aba Sumário** do Observador do RISKOptimizer exibe uma tabela resumida dos valores das células ajustáveis testadas durante a otimização, bem como ferramentas para ajustar as taxas de crossover e mutação para cada Grupo de Célula Ajustável do modelo.



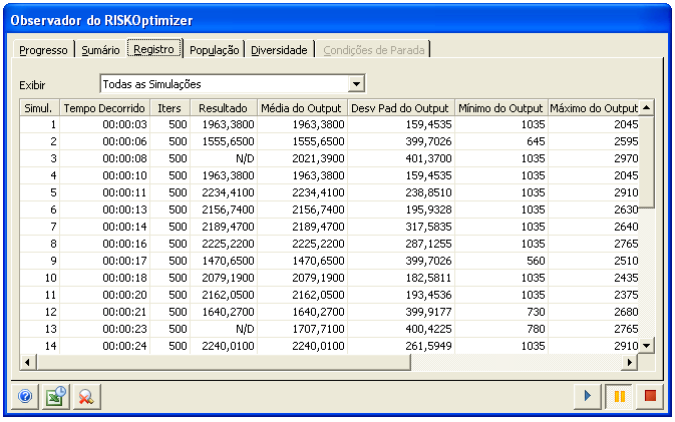
As **Configurações de Grupos de Células Ajustáveis** permitem que você altere as taxas de Crossover e Mutação do algoritmo genético quando o problema está em andamento. Quaisquer mudanças feitas aqui substituem a configuração original destes parâmetros e ocorrem imediatamente, afetando a população (ou grupo de células ajustáveis) que foi selecionada no campo **Grupo Exibido**.

Quase sempre recomendamos o uso do valor padrão de crossover de 0,5. Para a mutação, em muitos modelos você poderá aumentá-la até 0,4 se desejar encontrar a melhor solução e estiver disposto a aguardar mais para isso. Definir o valor da mutação como 1 (o máximo) resultará em adivinhação completamente aleatória, porque o RISKOptimizer faz a mutação depois do crossover. Isto significa que após os dois pais selecionados serem cruzados para criar uma solução filho, 100% dos "genes" da solução sofrerão mutação com números aleatórios, tornando o crossover totalmente inútil (para obter mais informações, veja "taxa de crossover, o que faz" e "taxa de mutação, o que faz" no índice).

Observador do RISKOptimizer – Aba de Registro

Exibe um registro de cada simulação rodada durante a otimização

A **Aba de Registro** do Observador do RISKOptimizer exibe uma tabela sumário durante a otimização. O registro inclui os resultados para a célula-alvo, cada célula ajustável e as restrições inseridas. Um registro só está disponível se a opção **Manter um Registro de Todas as Simulações** for selecionada na aba **Visualizar** do diálogo Configurações de Otimização.



Simul.	Tempo Decorrido	Iters	Resultado	Média do Output	Desv Pad do Output	Mínimo do Output	Máximo do Output
1	00:00:03	500	1963,3800	1963,3800	159,4535	1035	2045
2	00:00:06	500	1555,6500	1555,6500	399,7026	645	2595
3	00:00:08	500	N/D	2021,3900	401,3700	1035	2970
4	00:00:10	500	1963,3800	1963,3800	159,4535	1035	2045
5	00:00:11	500	2234,4100	2234,4100	238,8510	1035	2910
6	00:00:13	500	2156,7400	2156,7400	195,9328	1035	2630
7	00:00:14	500	2189,4700	2189,4700	317,5835	1035	2640
8	00:00:16	500	2225,2200	2225,2200	287,1255	1035	2765
9	00:00:17	500	1470,6500	1470,6500	399,7026	560	2510
10	00:00:18	500	2079,1900	2079,1900	182,5811	1035	2435
11	00:00:20	500	2162,0500	2162,0500	193,4536	1035	2375
12	00:00:21	500	1640,2700	1640,2700	399,9177	730	2680
13	00:00:23	500	N/D	1707,7100	400,4225	780	2765
14	00:00:24	500	2240,0100	2240,0100	261,5949	1035	2910

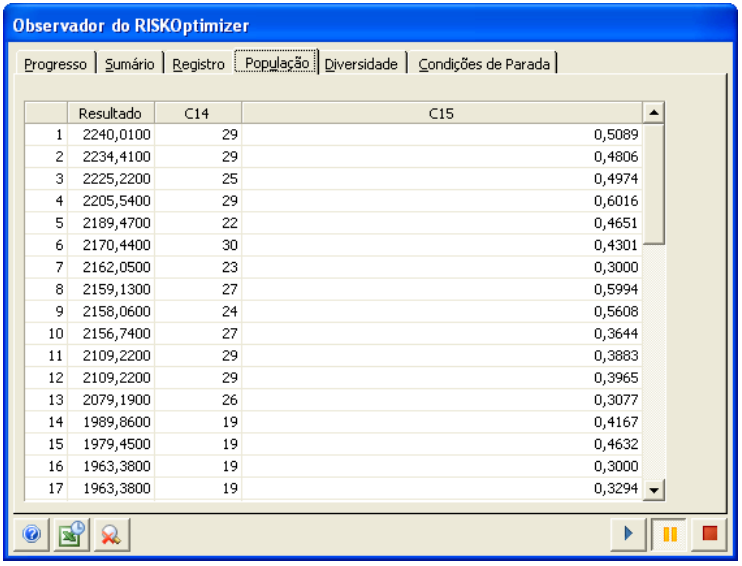
As opções Exibir podem ser selecionadas para a exibição de um registro de **Todas as Simulações** ou apenas das simulações em que houve um **Passo de Progresso** (i.e. onde o resultado da otimização melhorou). O registro inclui:

1) **Tempo decorrido**, ou o tempo de início da simulação
2) **Itens**, ou o número de iterações rodadas
3) **Resultado**, ou o valor da estatística da célula-alvo que você está tentando maximizar ou minimizar, incluindo penalidades para as restrições flexíveis (soft)
4) **Média do Output, DesvPad do Output, Mínimo do Output e Máximo do Output**, ou as estatísticas para a distribuição de probabilidade da célula-alvo para a qual foi calculada
5) **Colunas de Input**, ou os valores usados para suas células ajustáveis
6) **Colunas de Restrição,** indica se as restrições foram atendidas ou não

Observador do RISKOptimizer – Aba População

Lista todas as variáveis de cada organismo (cada solução possível) da população atual

A tabela de população é uma grade que lista todas as variáveis para cada organismo (cada possível solução) da população atual. Estes organismos ("Org *n*") são elencados na ordem do pior para o melhor. Como esta lista elenca todos os organismos na população, a configuração "tamanho da população" no diálogo de Configurações do RISKOptimizer determina quantos organismos serão listados aqui (padrão de 50). Adicionalmente, a primeira coluna do gráfico mostra o valor resultante da célula-alvo para cada organismo.

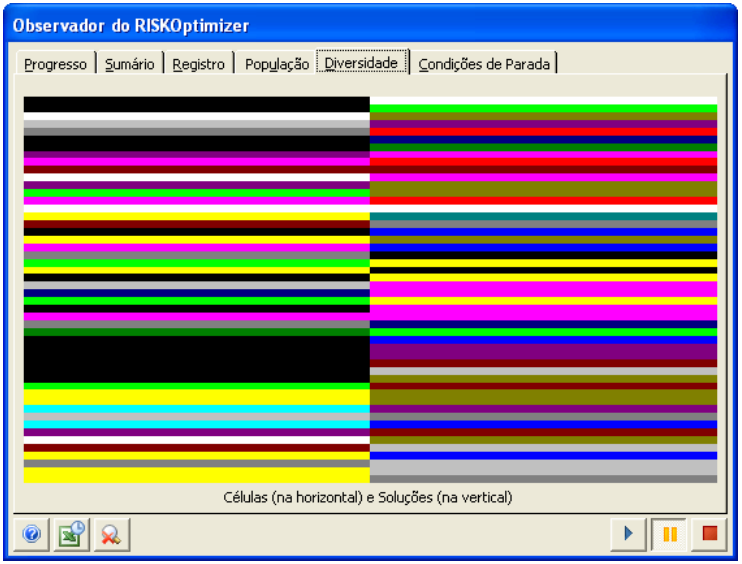


	Resultado	C14	C15
1	2240,0100	29	0,5089
2	2234,4100	29	0,4806
3	2225,2200	25	0,4974
4	2205,5400	29	0,6016
5	2189,4700	22	0,4651
6	2170,4400	30	0,4301
7	2162,0500	23	0,3000
8	2159,1300	27	0,5994
9	2158,0600	24	0,5608
10	2156,7400	27	0,3644
11	2109,2200	29	0,3883
12	2109,2200	29	0,3965
13	2079,1900	26	0,3077
14	1989,8600	19	0,4167
15	1979,4500	19	0,4632
16	1963,3800	19	0,3000
17	1963,3800	19	0,3294

Observador do RISKOptimizer – Aba Diversidade

Exibe um gráfico colorido de todas as variáveis na população atual

O gráfico na aba Diversidade associa cores a valores de células ajustáveis, com base em quanto o valor de uma dada célula difere da população de organismos (solução) armazenados na memória em um ponto específico. (Ao usar a terminologia de otimização genética, essa indicação significa que a diversidade já existe no pool genético.) Cada barra vertical do gráfico corresponde a uma célula ajustável. As listras horizontais dentro de cada barra representam os valores da célula ajustável em questão em diferentes organismos (soluções). As cores das listras são atribuídas dividindo-se a faixa entre o valor mínimo e máximo correspondente a uma célula ajustável específica em 16 intervalos de mesma amplitude; cada intervalo é representado por uma cor distinta. Por exemplo, na figura, o fato de que a barra vertical que representa a segunda célula ajustável é de uma cor só significa que a célula tem o mesmo valor em cada uma das soluções contidas na memória.

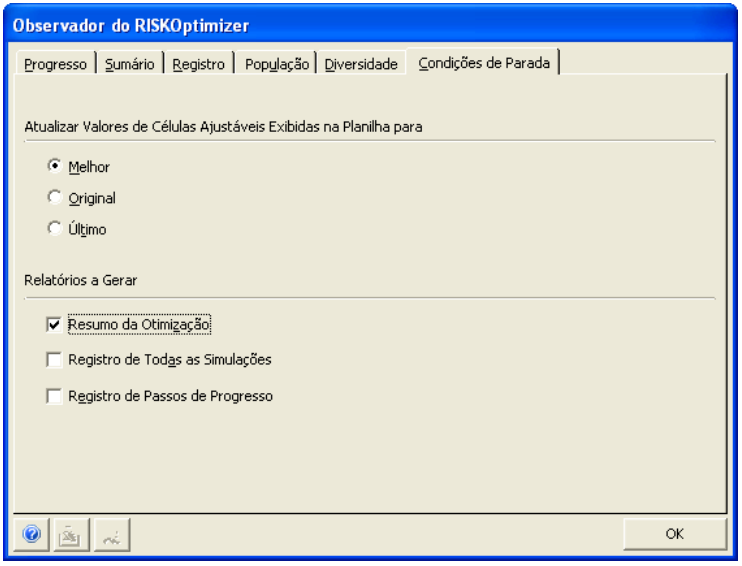


Observador do RISKOptimizer – Aba Condições de Parada

Exibe as opções de parada para a otimização

Ao clicar no botão **Parar**, a aba **Condições de Parada** do diálogo Observador do RISKOptimizer é exibida, incluindo as opções disponíveis para atualizar sua planilha com os melhores valores calculados para as células ajustáveis, restaurar valores originais e gerar um relatório sumário da otimização.

Clicar em OK destrói a população de soluções do RISKOptimizer e insere os valores selecionados em sua planilha. Se quiser salvar qualquer informação sobre a sessão do RISKOptimizer, incluindo os valores da população, o tempo e número de tentativas rodadas, assegure-se de ter selecionado a opção para criar um resumo da otimização.



Este diálogo também aparece se uma das condições de parada especificadas pelo usuário tiver sido encontrada (número de tentativas solicitadas foi avaliado, minutos requisitados já se encerraram, etc.). O alerta de parada oferece três escolhas para atualizar os valores de células ajustáveis na sua planilha: **Melhor, Original** e **Último.**

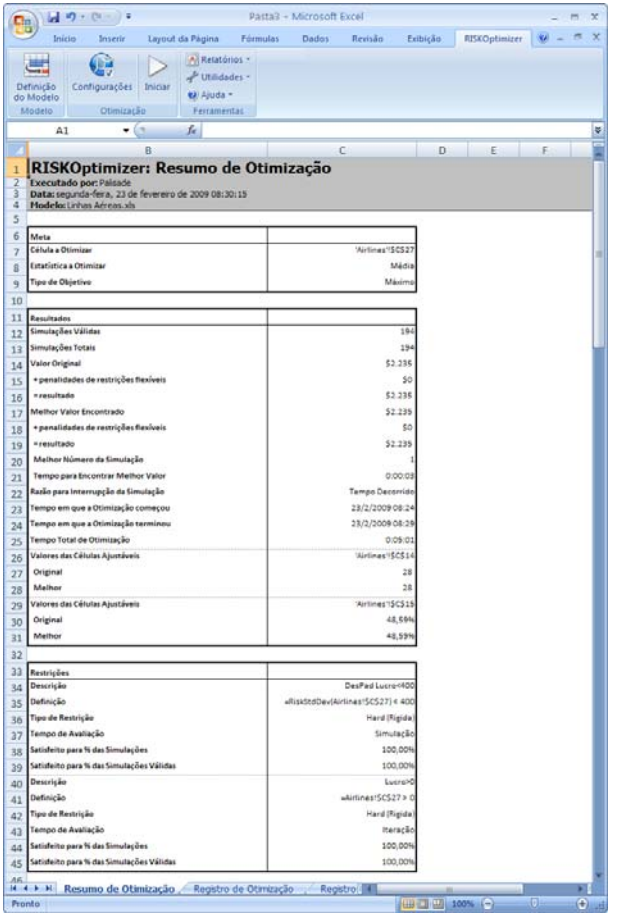
- **Melhor.** Aceita os resultados do RISKOptimizer e encerra a busca de melhores soluções. Ao escolher esta opção, os valores de

melhor cenário que o RISKOptimizer encontrou são inseridos nas células ajustáveis de sua planilha.

- **Original**. Restaura as células ajustáveis em seus valores originais, antes do RISKOptimizer ter rodado, e encerra a busca do RISKOptimizer por melhores soluções.
- **Último**. Faz com que o RISKOptimizer insira os valores calculados por último na otimização da planilha. A opção Últimos Valores Calculados é particularmente útil ao analisar os modelos.

As opções de Relatórios a Gerar podem gerar planilhas de resumo de otimização que podem ser usadas para relatar os resultados e comparar os resultados entre as execuções. Opções de Relatórios incluem:

- **Resumo da Otimização.** Este relatório resumido contém informações como a data e o tempo da execução, as configurações de otimização usadas, o valor calculado para a célula-alvo e o valor para cada uma das células ajustáveis.



RISKOptimizer: Resumo de Otimização

Executado por: Palisade
Data: segunda-feira, 23 de fevereiro de 2009 08:30:15
Modelo: Linhas Aéreas.xls

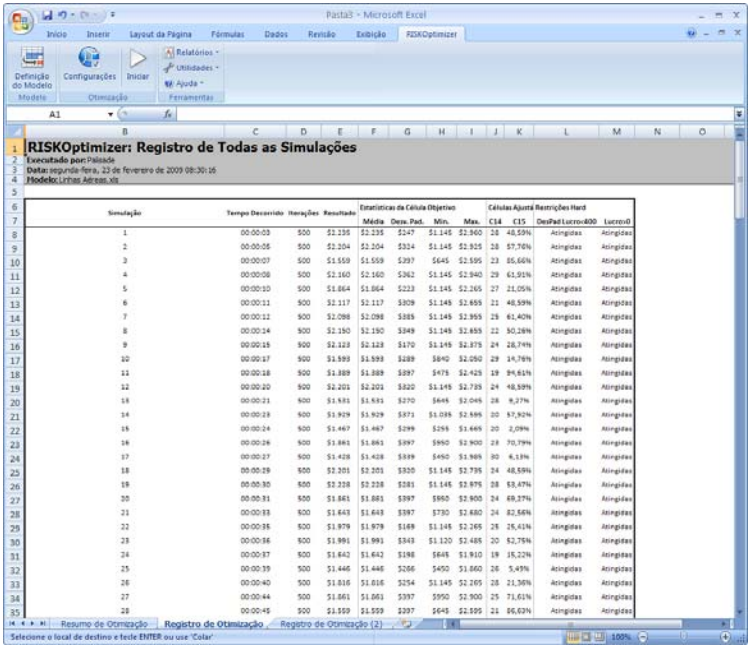
Meta	
Célula a Otimizar	'Airlines'!$C$27
Estatística a Otimizar	Média
Tipo de Objetivo	Máximo

Resultados	
Simulações Válidas	194
Simulações Totais	194
Valor Original	$2.235
+ penalidades de restrições flexíveis	$0
= resultado	$2.235
Melhor Valor Encontrado	$2.239
+ penalidades de restrições flexíveis	$0
= resultado	$2.239
Melhor Número da Simulação	1
Tempo para Encontrar Melhor Valor	0:00:03
Razão para Interrupção da Simulação	Tempo Decorrido
Tempo em que a Otimização começou	23/2/2009 08:24
Tempo em que a Otimização terminou	23/2/2009 08:29
Tempo Total de Otimização	0:09:01
Valores das Células Ajustáveis	'Airlines'!$C$14
Original	28
Melhor	28
Valores das Células Ajustáveis	'Airlines'!$C$15
Original	48,69%
Melhor	48,59%

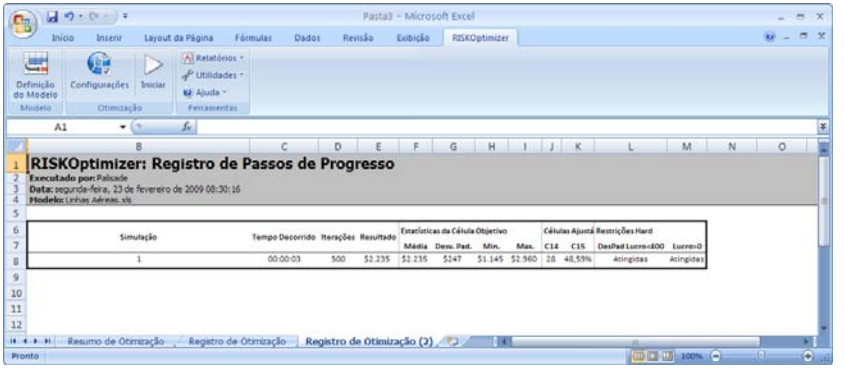
Restrições	
Descrição	DesPad Lucro<400
Definição	=RiskStdDev(Airlines!$C$27) < 400
Tipo de Restrição	Hard (Rígida)
Tempo de Avaliação	Simulação
Satisfeito para % das Simulações	100,00%
Satisfeito para % das Simulações Válidas	100,00%
Descrição	Lucro>0
Definição	=Airlines!$C$27 > 0
Tipo de Restrição	Hard (Rígida)
Tempo de Avaliação	Iteração
Satisfeito para % das Simulações	100,00%
Satisfeito para % das Simulações Válidas	100,00%

Este relatório é útil na comparação de otimizações sucessivas.

- **Registro de Todas as Simulações.** Este relatório registra os resultados de todas as simulações de teste realizadas.



- **Registro de Passos de Progresso.** Este relatório registra os resultados de todas as simulações de teste que melhoraram o resultado da célula-alvo.



Capítulo 6: Otimização

Introdução.....153
Métodos de Otimização 153
Sobre Algoritmos de "Escalada" (Hill Climbing) 155
Solver do Excel.....158
Tipos de Problemas 159
Problemas Lineares 159
Problemas Não Lineares.....159
Problemas com base em tabelas.....162
Problemas Combinatórios.....162

Introdução

O RISKOptimizer combina otimização e simulação para permitir que você otimize problemas que possuem elementos incertos. Os próximos três capítulos deste manual fornecem informações de background sobre técnicas analíticas usadas no RISKOptimizer, incluindo 1) otimização, 2) algoritmos genéticos e 3) simulação.

Métodos de Otimização

Problemas de otimização tradicional analisados usando Solver ou Evolver (add-ins de otimização para o Excel) são compostos de:

- Um output ou célula "alvo" que você deseja minimizar ou maximizar
- Um conjunto de inputs ou "células ajustáveis" cujos valores você controla
- Um conjunto de restrições que precisam ser atendidas, em geral especificadas em expressões como CUSTOS<100 ou A11>=0.

Durante uma otimização no Solver ou Evolver, as células ajustáveis são alteradas ao longo das faixas permitidas que você especificar. Para cada conjunto possível de valores de células ajustáveis, o modelo é recalculado e um novo valor para a célula-alvo é gerado. Quando a otimização se completa, uma solução ótima (ou combinação das células ajustáveis) é encontrada. Esta solução é a combinação de células ajustáveis que gera o melhor (mínimo ou máximo) valor para a célula-alvo satisfazendo as restrições que você inseriu.

Alguns problemas de otimização são muito mais difíceis de resolver que outros. Para problemas difíceis, como um modelo em Excel para encontrar a rota mais curta entre 1000 cidades, não é viável examinar cada solução possível. Tal abordagem precisaria de anos de cálculos nos computadores mais rápidos.

Para resolver tais problemas é necessário buscar em um subconjunto de todas as possíveis soluções. Examinando estas soluções podemos ter uma idéia de como encontrar soluções melhores. Isto é realizado através de um *algoritmo*. Um algoritmo é simplesmente uma descrição passo a passo de como abordar um problema. Todos os programas de computadores, por exemplo, são construídos pela combinação de numerosos algoritmos.

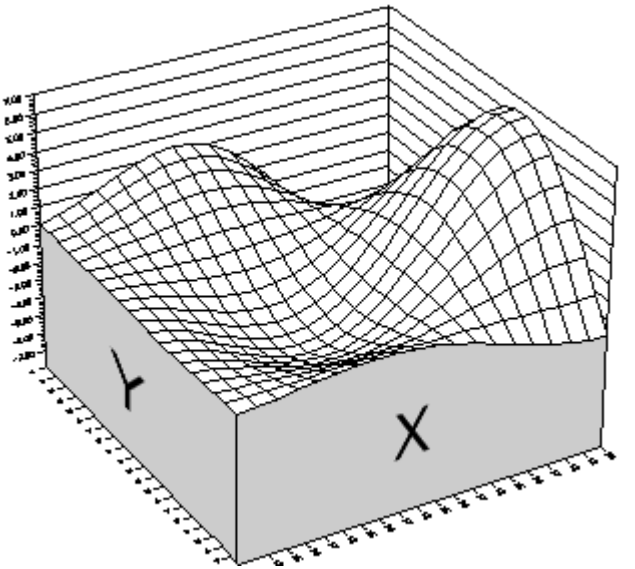
Vamos começar explorando a forma como a maior parte dos algoritmos de solução de problemas os representam. A maior parte dos problemas pode ser dividida em três componentes básicos: inputs, uma função de algum tipo e um output resultante.

	Buscando:	Dada esta:	Para obter o melhor:
Componentes do Problema	Inputs	Função	Output
Otimização no Excel	Variáveis	Modelo	Objetivo

Considere que nosso problema de otimização envolve duas variáveis, X e Y. Quando expressas em forma de equação, estas duas variáveis produzem um resultado = Z. Nosso problema é encontrar o valor para X e Y que produza o maior valor de Z. Podemos pensar neste Z como uma "nota", que indica a qualidade de qualquer par X,Y.

	Buscando:	Dada esta:	Para obter o melhor:
Neste exemplo	X e Y	Equação	Z

A plotagem de cada par de Xs, Ys e os Zs resultantes produziria um gráfico de superfície em três dimensões como o exibido abaixo.



Uma "paisagem" de possíveis cenários ou soluções.

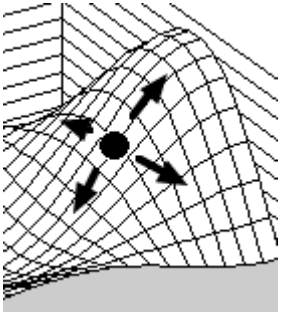
Cada interseção de um X e Y produz uma altura Z. Os picos e vales desta "paisagem" representam boas e más soluções, respectivamente. Buscando o máximo ou ponto mais alto desta função pelo exame de cada solução levaria muito tempo até para um computador potente com o programa mais rápido. Lembre-se de que estamos fornecendo ao Excel apenas a função, não um gráfico da função, e que poderíamos facilmente estar lidando com um problema de 200 dimensões em vez deste, de duas dimensões. Assim, precisamos de um método que nos deixe fazer menos cálculos e ainda encontre a produtividade máxima.

Sobre Algoritmos de "Escalada" (Hill Climbing)

Vamos verificar um algoritmo simples chamado de "escalada" ou hill-climbing. É um algoritmo que funciona da seguinte forma:

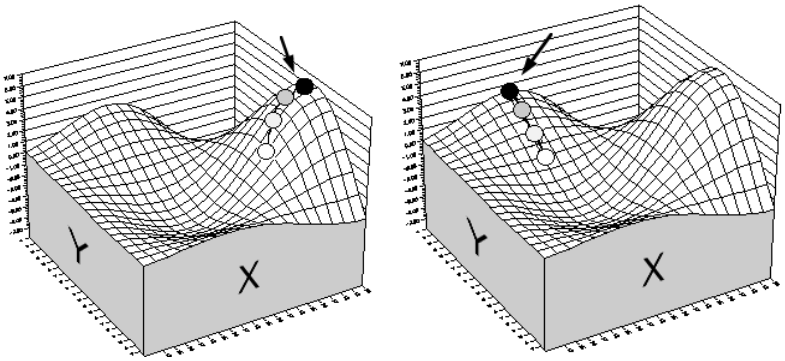
1) *Começar em um ponto aleatório da paisagem (uma escolha randômica).*
2) *Caminhar uma distância pequena em uma direção arbitrária.*
3) *Se você caminhou para um ponto melhor, fique e repita o passo 2. Se o seu ponto é inferior, retorne ao seu ponto original e tente novamente.*

A Escalada tenta apenas uma solução ou cenário de cada vez. Utilizaremos um ponto preto (•) para representar uma solução possível (um conjunto de valores X, Y e Z). Se colocarmos o ponto em um local aleatório, esperamos que o método de hill-climbing leve o ponto até o local mais alto do gráfico.



No diagrama acima podemos claramente ver que queremos que o ponto suba a colina à direita. Entretanto, nós sabemos disso porque vimos a paisagem como um todo. À medida que o algoritmo roda, ele enxerga a paisagem imediatamente próxima, mas não como um todo; *ele vê as árvores, mas não a floresta.*

Na maior parte dos problemas reais, a paisagem não é tão suave e precisaria de anos para calcular, então apenas calculamos o cenário atual e os imediatamente seguintes. Imagine que o ponto é um homem vendado, em pé, entre colinas suaves e onduladas. Se o homem empregasse o algoritmo de escalada, ele colocaria um pé em cada direção e apenas se moveria se sentisse uma elevação. Este homem caminharia em direção do topo e eventualmente poderia chegar lá. Parece bastante simples. Entretanto, temos um problema bastante sério se o homem começar em outro lugar. Ele pode subir a colina errada! (veja o diagrama abaixo).



Mesmo com uma função suave, o hill climbing pode falhar se você começar em uma posição ligeiramente diferente (à direita).

O método de escalada encontra apenas o topo da colina mais próximo, ou o ***máximo local***. Logo, se o seu problema possui uma paisagem de solução irregular e cheia de colinas, como um modelo mais realista com certeza terá, o método de hill-climbing provavelmente não encontrará a colina mais alta, ou mesmo uma das mais altas.

A escalada possui outro problema; como verificamos o terreno ao redor da localização atual? Se a paisagem for descrita por uma função suave, pode ser possível o uso de derivação (uma técnica de cálculo) para encontrar que direção tem a elevação maior. Se a paisagem é descontínua ou não diferençável (como é mais provável de ocorrer em problemas reais), precisamos calcular a "qualidade" dos cenários da vizinhança.

Por exemplo, digamos que um banco contrata um segurança das 9:00 horas às 17:00 horas para guardar o banco, mas o banco deve dar ao segurança dois intervalos de meia-hora. Devemos tentar encontrar os pontos de intervalo ótimos, dadas regras gerais sobre taxas de performance e fadiga e considerar os diferentes níveis de atividades dos clientes ao longo do dia. Podemos começar tentando várias combinação de intervalos de serviço e avaliar. Se estivermos usando uma agenda na qual os intervalos começam às 11:00 horas e às 15:00 horas, podemos calcular a produtividade dos cenários próximos:

Direção	Intervalo 1 (x)	Intervalo 2 (y)	"Pontuação" (z)
Solução Atual	11:00	15:00	= 46,5
Cenário Oeste	10:45	15:00	= 44,67
Cenário Leste	11:15	15:00	= 40,08
Cenário Norte	11:00	15:15	= 49,227
Cenário Sul	11:00	14:45	= 43,97

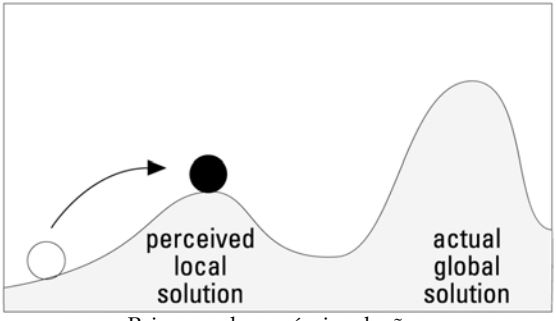
Se tivermos três células ajustáveis (intervalos) em vez de duas, precisaríamos buscar oito diferentes direções. De fato, se tivéssemos cinquenta variáveis (bastante real para um problema de porte médio) deveríamos calcular a produtividade para 2^{50}, ou mais de um quadrilhão de cenários e isto para apenas um guarda!!!

Há modificações que podem ser feitas à escalada para melhorar sua habilidade de encontrar ótimos globais (os maiores picos na paisagem). Escalada é um método mais usado quando se lida com problemas unimodais (um pico) e é por isso que alguns programas de análise usam esta técnica. No entanto, é muito limitada para problemas complexos e / ou extensos.

Solver do Excel

O Excel inclui uma ferramenta de otimização chamada ***Solver***. O Solver pode resolver dois tipos de problemas: lineares e não-lineares simples. Ele resolve problemas lineares usando uma rotina de programação linear. Esta técnica matemática clássica é chamada de Método Simplex e sempre encontrará respostas para problemas pequenos e perfeitamente lineares.

Como a maior parte dos "***baby solvers***", o Microsoft Solver também resolve problemas não lineares utilizando uma rotina de ***hill climbing*** (especificamente a rotina GRG2). Uma rotina de escalada começa com o valor atual da variável e vagarosamente ajusta-o até que o output do modelo não apresente melhoria. Isto significa que problemas com mais de uma solução possível podem ser impossível para o Solver resolver adequadamente, porque o Solver irá encerrar em uma solução ótima ***local*** e não pode ultrapassar este ponto para a solução ***global*** (veja a figura abaixo).



Paisagem de possíveis soluções.

Ademais, o Solver precisa que a função representada pelo seu modelo seja contínua. Isto significa que o output deve se alterar suavemente à medida que os inputs são ajustados. Se o seu modelo utiliza tabelas de referência, recebe dados com ruído em tempo real de outro programa, contém elementos aleatórios ou envolve regras de situações condicionais (if-then), ele será descontínuo e errático. O Solver não deve ser capaz de resolver tal problema.

O Solver também possui um limite no número de restrições e variáveis do seu problema (200), acima da qual você deve empregar uma técnica mais poderosa.

Tipos de Problemas

Há vários tipos de problemas de otimização típicos.

Problemas Lineares

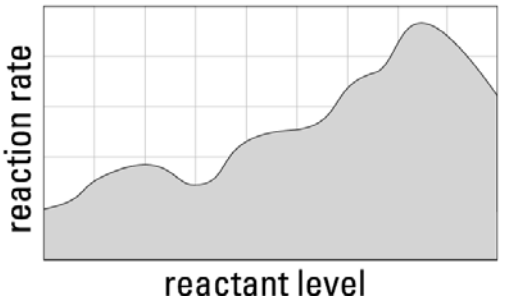
Em problemas lineares, todos os outputs são funções lineares simples dos inputs, como y=mx + b. Quando os problemas só utilizam operações aritméticas simples como adição e subtração, e funções do Excel como TENDÊNCIA() e PREVISÃO() isto indica que há relações puramente lineares entre as variáveis.

Problemas lineares têm sido bem fáceis de resolver desde o advento dos computadores e a invenção do Método Simples por George Dantzig. Uma problema linear simples pode ser resolvido de forma rápida e precisa com um aplicativo de programação linear. O Solver, incluído no Excel, se torna uma ferramenta de programação linear quando você clica na caixa "Assumir Modelo Linear". OSolver utiliza então uma rotina de programação linear para rapidamente encontrar a solução perfeita. Se o seu problema pode ser expresso em termos puramente lineares, você deve usar programação linear. Infelizmente, a maior parte dos problemas da vida real não pode ser descrita linearmente.

Problemas Não Lineares

Se o custo de fabricar e transportar 5000 peças é $5.000, custaria $1 para fabricar e vender 1 peça? Provavelmente não. A linha de montagem ainda consumiria energia, a papelada teria que ser processada pelos vários departamentos, os materiais ainda seriam comprados em lote, os caminhões requereriam a mesma quantidade de gasolina para entregar as peças e o motorista ainda receberia um dia inteiro de salário, não importa o tamanho da carga. A maior parte dos problemas reais não envolve variáveis com simples relações lineares. Estes problemas envolvem multiplicação, quociente, expoentes e funções construídas do Excel, como RAIZ() e CRESCIMENTO(). Sempre que as variáveis possuírem uma relação desproporcional entre si, o problema se torna não linear.

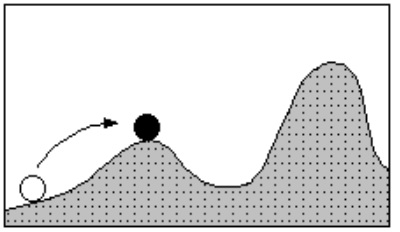
Um exemplo perfeito de um problema não linear é o gerenciamento de um processo de manufatura em uma planta química. Imagine que desejamos misturar alguns reagentes químicos e obter um produto químico como resultado. A taxa desta reação pode variar não linearmente com a quantidade de reagente disponível; em algum ponto, o catalisador fica saturado e os reagentes em excesso apenas atrapalham a reação. O diagrama a seguir ilustra este relacionamento:



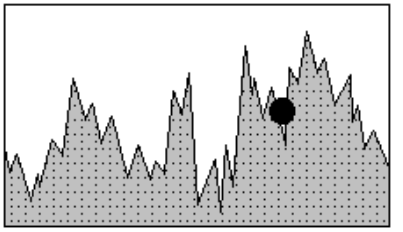
Se nós simplesmente precisamos encontrar o nível mínimo de reagentes que nos fornecerão a maior taxa de reação, podemos começar em qualquer lugar deste gráfico e subir pela curva até encontrar o topo. Este método de encontrar uma resposta é chamado de escalada ou hill climbing.

Hill climbing sempre encontra a melhor resposta se a) a função sendo explorada é suave e b) os valores iniciais das variáveis colocam você de um dos lados da maior montanha. Se uma destas condições não for atendida, a escalada levará a uma solução local em vez de global.

Os problemas altamente não lineares, que ocorrem muito na prática, possuem muitas soluções ao longo de uma paisagem complicada. Se um problema possui muitas variáveis e/ou as fórmulas envolvidas tem muitas distorções ou saltos, a melhor resposta provavelmente não será encontrada com hill climbing, mesmo tentando centenas de vezes com valores diferentes de posição inicial. É bem provável que uma solução sub-ótima e local será encontrada (veja figura abaixo).

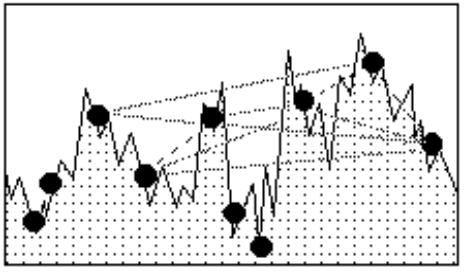


Hill climbing encontra o ótimo local, mas não o global.



Dados com distorções: Hill climbing não é efetivo, nem com múltiplas tentativas.

O RISKOptimizer e o Evolver (a fonte do Otimizador com base em algoritmos genéticos utilizados no RISKOptimizer) não utilizam hill climbing. Isto permite que o RISKOptimizer "salte" no espaço de solução de um problema, examinando muitas combinações de valores dos inputs sem ficar paralisado em ótimos locais. Adicionalmente, o RISKOptimizer permite que os bons cenários "se comuniquem" para obter valiosas informações sobre a aparência da paisagem de solução do problema e usa esta informação para melhor definir os cenários que terão maior possibilidade de obter sucesso.



O RISKOptimizer gera muitos possíveis cenários; depois, refina a busca baseado no feedback que recebe.

Problemas com base em tabelas

Muitos problemas requerem o uso de tabelas e referências. Por exemplo, na escolha de quantidades de materiais a comprar, você pode ter que verificar os preços cobrados por diferentes quantidades.

Tabelas e bancos de dados tornam os problemas descontínuos (não-suaves). Isto torna difícil para as rotinas de hill climbing, como o Solver, encontrar soluções ótimas. O RISKOptimizer, entretanto, não precisa da continuidade nas funções que avalia, e pode encontrar boas soluções para problemas baseados em tabela, até os que usam tabelas grandes e inter-relacionadas.

Se o seu problema envolve verificar valores em um banco de dados, ou numa tabela de dados no Excel, onde o índice do item da tabela é uma variável ou uma função de uma variável, você precisará usar o Evolver ou o RISKOptimizer. Se você busca apenas um único e constante item em uma tabela (o mesmo registro é obtido da tabela independente dos valores da variável de input) estará lidando apenas com uma constante, e pode provavelmente usar o Solver efetivamente.

Problemas Combinatórios

Há uma grande classe de problemas que são muito diferentes dos problemas numéricos examinados até então. Chamamos de problemas combinatórios aqueles em que os outputs envolvem alteração na ordem das variáveis de inputs existentes, ou agrupamento de subconjuntos dos inputs. Estes problemas em geral são muito difíceis de resolver porque muitas vezes requerem um tempo exponencial; ou seja, a quantidade de resolver um problema com 4 variáveis pode ser 4 x 3 x 2 x 1, e dobrar o número de variáveis para 8 eleva o tempo de resolução para 8 x 7 x 6 x 5 x 4 x 3 x 2 x 1, ou um fator de 1.680. O número de variáveis dobra, mas o número de possíveis soluções aumenta 1.860 vezes. Por exemplo, escolher a escalação de início da partida de um time de baseball é um problema combinatório. Para 9 jogadores, você pode escolhe um dentre os nove para ser o primeiro rebatedor. Você então escolherá um dos 8 restantes como segundo batedor, um dos 7 restantes como terceiro, e por aí vai. Há então 9x8x7x6x5x4x3x2x1 (9 fatorial) formas de escolher uma linha de 9 jogadores. São aproximadamente ***362.880*** diferentes ordens. Agora, se você duplicar o número de jogadores, há 18 possíveis linhas, ou ***6.402.373.705.000.000*** possíveis opções!

O algoritmo genético do RISKOptimizer e do Evolver busca de forma inteligente as permutações possíveis. Isto é muito mais prático do que buscar *todas* as possibilidades, e é muito mais eficiente do que examinar permutações puramente aleatórias; sub-ordens de bons cenários podem ser retidas e usadas para criar cenários ainda melhores.

Capítulo 7: Algoritmos Genéticos

Introdução **165**

História **167**

Um Exemplo Biológico **171**

Um Exemplo Digital **173**

Introdução

O RISKOptimizer usa algoritmos genéticos para buscar soluções ótimas para modelos de simulação. Os algoritmos genéticos são adaptados do Evolver, um add-in de otimização para o Excel da Palisade Corporation. Este capítulo fornece informações de background sobre algoritmos genéticos e sobre como os mesmos são usados em modelos de otimização.

História

Os primeiros algoritmos genéticos foram desenvolvidos no início dos anos 1970 por John Holland na Universidade de Michigan. Holland estava impressionado com a facilidade que os sistemas biológicos tinham para executar tarefa que enganavam até os mais poderosos supercomputadores; animais podem reconhecer objetos sem falha, entender e traduzir sons, e navegar por um ambiente dinâmico quase instantaneamente.

Por décadas, os cientistas prometeram replicar estas capacidades em máquinas, mas começamos a reconhecer quão difícil é esta tarefa. A maior parte dos cientistas concorda que qualquer sistema biológico que exibe tais qualidades evoluiu até este ponto.

Teoria da Evolução

A Evolução, de acordo com a Teoria, produziu sistemas com capacidades fantásticas através de elementos relativamente simples e que se replicam seguindo algumas simples regras:

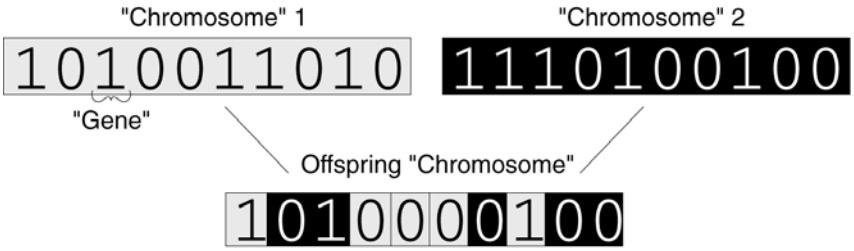
1) A Evolução ocorre no nível do cromossomo. O organismo não evolui, mas serve como um corpo de prova em que os genes são carregados e passados adiantes. São os cromossomos que estão em mudança dinâmica com o rearranjo dos genes.

2) A Natureza tende a fazer mais cópias de cromossomos que produzem um organismo melhor, mais "ajustado". Se um organismo sobrevive tempo suficiente e é saudável, seus genes têm maior probabilidade de ser passados a uma nova geração através da reprodução. Este princípio é em geral referido como a "sobrevivência do mais forte". Lembre-se que "mais forte" é um termo relativo; um organismo só precisa ser forte em comparação com os outros na população atual para obter "sucesso".

3) A Diversidade deve ser mantida na população. Mutações aparentemente aleatórias ocorrem frequentemente na natureza para assegurar a variação nos organismos. Estas mutações genéticas em geral resultam em uma capacidade útil e vital para a sobrevivência de uma espécie. Tendo uma faixa mais ampla de combinações possíveis, uma população também está menos suscetível a fraquezas comuns que poderiam destruir a todos (vírus, etc.) ou outros problemas associados com a reprodução na ausência de diversidade.

Uma vez que a evolução foi dividida nestes elementos fundamentais, fica mais fácil aplicar estas técnicas para o mundo computacional, e realmente começar a se mover na direção de máquinas mais fluidas e de comportamento mais natural.

Holland começou a aplicar estas propriedades de evolução a simples faixas de números que representavam cromossomos. Ele primeiro codificou seus problemas em faixas binárias (linhas de 0s e 1s) para representar os cromossomos e fez com que o computador gerasse muitas destas faixas de bits para formar uma população completa das mesmas. Uma função objetivo foi programada para avaliar e ordenar cada faixa e estas faixas que foram consideradas mais "fortes" começaram a trocar dados com outras através de uma rotina de crossover para gerar "filhos". Holland até submeteu seus cromossomos digitais a um operador de "mutação" para manter a diversidade na população. Esta função objetivo substituiu o papel da morte no mundo biológico, determinando que faixas eram boas o suficiente para continuar gerando filhos e as que não valiam mais a pena manter na memória.



O programa manteve um determinado número destes "cromossomos" na memória e esta população inteira de faixas continuou a evoluir até que maximizaram a função objetivo. O resultado foi então decodificado para seus valores originais para revelar a solução. John Holland se manteve um pioneiro ativo neste campo, atraindo o que hoje são centenas de cientistas e acadêmicos que devotaram a maior parte do seu tempo nesta promissora alternativa a técnicas matemáticas e estatísticas de programação linear tradicional.

O algoritmo genético original de Holland era bem simples, mas notadamente robusto, encontrando soluções ótimas para uma grande variedade de problemas. Muitos programas customizados resolvem hoje em dia problemas complexos e reais de grande escala usando versões levemente modificadas deste algoritmo genético original.

Adaptações modernas de Algoritmos Genéticos

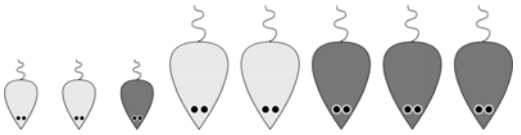
À medida que o interesse aumentou nos círculos acadêmicos, o poder computacional começou a aumentar nos computadores desktop e padrões como o Microsoft Windows e o Excel tornaram o design e manutenção de modelos complexos mais fácil. O uso de números reais em vez de representações de faixas binárias eliminou a tarefa difícil de codificar e decodificar os cromossomos.

A popularidade do algoritmo genético está crescendo de forma exponencial atualmente, com seminários, livros, artigos em revistas e consultores reconhecidos surgindo em todo o mundo. A Conferência Internacional de Algoritmos Genéticos já está concentrando em aplicações práticas, um sinal de maturidade que não ocorre em outras tecnologias de "inteligência artificial". Muitas empresas da Fortune 500 empregam algoritmos genéticos em base regular para resolver problemas reais, de firmas de seguro a usinas geradoras de energia, companhias de telecomunicação, cadeias de restaurantes, fabricantes de automóvel e redes de televisão. De fato, há uma boa chance de que você já tenha indiretamente usado um algoritmo genético!

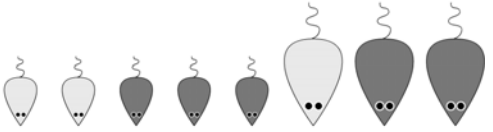
Um Exemplo Biológico

Vamos olhar um exemplo simples do mundo biológico (em uma escala pequena) de evolução. Por "evolução" aqui entendemos a mudança na distribuição ou frequência dos genes em uma população. Claro, o interessante sobre a evolução é que tende a levar a populações que estão constantemente se adaptando a seus ambientes.

Imagine que estamos olhando para uma população de camundongos. Estes camundongos possuem dois tamanhos, pequeno e grande e duas cores, claro e escuro. Nossa população consiste dos oito camundongos abaixo:



Um certo dia, aparecem gatos na vizinhança e começam a comer os camundongos. No entanto, os camundongos pequenos e escuros são mais difíceis para os gatos encontrarem. Assim, os camundongos diferentes possuem diferentes chances de evitar os gatos até terem tempo suficiente de se reproduzir. Isto afeta a natureza da próxima geração de camundongos. Assumindo que os camundongos mais velhos morrem logo após reproduzirem, a próxima geração de camundongos será aproximadamente assim:



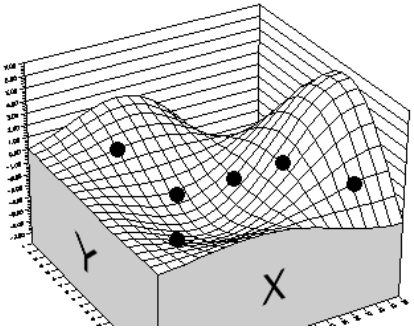
Note que os camundongos grandes e os camundongos claros, e especialmente os grandes e claros têm dificuldade para sobreviver o tempo suficiente a ponto de se reproduzirem. Isto continua para a próxima geração.

Agora a população consiste principalmente de camundongos pequenos e escuros, porque estes camundongos são mais ajustados para sobreviver neste ambiente do que os outros tipos de camundongos. De forma similar, os gatos começam a ficar mais famintos porque há menos camundongos para comer e talvez os gatos que prefiram comer grama sejam melhor adaptados e passem seu gene de amor-pela-grama para uma nova geração de gatos. Este é o conceito central da "sobrevivência do mais forte". Mais precisamente, poderia ser melhor colocado como "sobrevivência até a reprodução". Em termos de evolução, ser o solteiro mais saudável na população é inútil, uma vez que você precisa se reproduzir para os seus genes influenciarem futuras gerações.

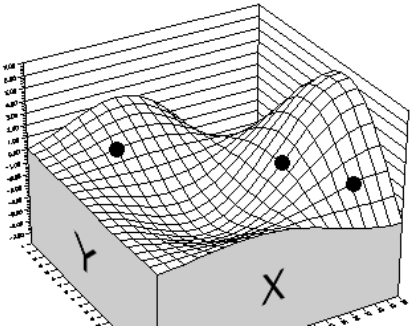
Um Exemplo Digital

Imagine um problema com duas variáveis, X e Y, que resultam em uma variável Z. Se calcularmos e plotarmos o Z resultante para cada possível valor de X e Y, veríamos a "paisagem" de solução aparecer (como discutido também no Capítulo 6: Otimização). Uma vez que estamos buscando o máximo "Z", os picos da função são "boas" soluções e os vales são "más" soluções.

Quando usamos um algoritmo genético para maximizar a função, começamos criando aleatoriamente várias possíveis soluções ou cenários (pontos pretos), não apenas um ponto inicial. Então calculamos o output da função e plotamos cada cenário como um ponto. Em seguida ordenamos os cenários por altitude, do melhor para o pior, mantendo os da parte superior, e descartando os demais.



Primeiro, criamos uma "população" inteira de soluções possíveis. Umas serão melhores (mais altas) que as outras.

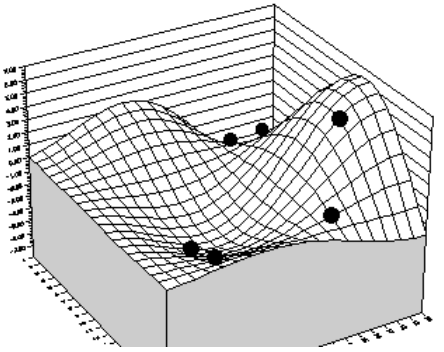


Em seguida, ordenamos e mantemos as soluções que geram melhores resultados.

Cada um dos três cenários remanescentes se duplica, aumentando o número de cenários para seis. Agora vem a parte interessante. Cada um dos seis cenários é feito de dois valores ajustáveis (plotados como uma coordenada X e Y). Os cenários são reunidos em pares aleatoriamente. Agora cada cenário troca o primeiro valor ajustável com o correspondente de seu "parceiro". Por exemplo:

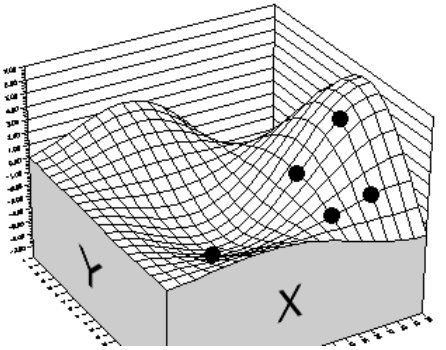
	Antes	Depois
Cenário 1	3.4, 5.0	2.6, 5.0
Cenário 2	2.6, 3.2	3.4, 3.2

Esta operação e'chamada crossing over, ou ***crossover***. Quando nossos seis cenários se acasalam aleatoriamente e fazem crossover, podemos obter um novo conjunto de cenários como o seguinte:



No exemplo acima, presumimos que os três cenários originais, a, b e c, se acasalaram com suas duplicatas A, B e C, para formar os pares aB, bC, bA. Estes pares trocaram valores da primeira célula ajustável, o que é equivalente em nosso diagrama a alternar as coordenadas x e y entre pares de pontos. A população de cenários viveu uma inteira geração, com seu ciclo de "morte" e "nascimento".

Note que alguns dos novos cenários resultam em menor output (altitude inferior) do que qualquer um da geração original. No entanto, um cenário subiu a colina mais alta, indicando progresso. Se deixarmos a população evoluir por outra geração, poderemos ver uma cena como a seguinte:



É possível verificar como a performance média da população de cenários melhora com relação à geração anterior. Neste exemplo, não há muito espaço para melhoria adicional. Isto porque só há dois genes por organismos, seis organismos e nenhuma forma pela qual novos genes podem ser criados. Isto significa que há uma ***coletividade de genes*** reduzida**.** A coletividade de genes é o conjunto de todos os genes de todos os organismos na população.

Algoritmos genéticos podem ser tornados muito mais poderosos pela replicação da inerente força da evolução no mundo biológico; aumentar o número de organismos em uma população e permitir mutações ocasionais e aleatórias. Adicionalmente, podemos escolher cenários que viverão e se reproduzirão de uma forma natural: com um elemento aleatório que possui um leve viés na direção de uma melhor performance, em vez de escolher apenas os melhores elementos para procriar (até o maior e mais forte leão pode ser atingido por um raio)!

Todas estas técnicas estimulam o refinamento genético e ajudam a manter a diversidade na coletividade de genes, mantendo todos os tipos de genes disponíveis para o caso em que se tornem úteis em diferentes combinações. O RISKOptimizer implementa automaticamente todas estas técnicas.

Capítulo 8: Simulação e Análise de Risco

Introdução **179**

O que é Risco? **181**

Características do Risco **182**
A Necessidade de Análise de Risco **183**
Avaliando e Quantificando o Risco **184**
Descrevendo o Risco com uma Distribuição de Probabilidade **185**

Modelando Incerteza no RISKOptimizer **187**

Variáveis **187**
Certo ou Incerto **187**
Independente ou Dependente **188**

Analisando um modelo com Simulação **189**

Simulação **189**
Como a Simulação Funciona **190**

Introdução

O RISKOptimizer utiliza simulação para lidar com a incerteza presente nos modelos do Excel que otimiza. Tanto os métodos para 1) modelar a incerteza presente em uma planilha e 2) rodar uma simulação no modelo são advindas do @RISK, um add-in para o Excel de simulação e análise de risco da Palisade Corporation. Este capítulo fornece informação de background sobre risco e simulação e sobre como os modelos de simulação são definidos no RISKOptimizer.

O que é Risco?

Todo mundo sabe que o "risco"afeta o jogador que vai jogar o dado, o exploracionista que irá perfurar um poço de petróleo ou o malabarista que vai dar o primeiro passo na corda bamba. Colocando essas ilustrações de lado, o conceito de risco é devido ao nosso reconhecimento da futura incerteza – nossa inabilidade de saber o que o futuro trará como resposta a uma ação tomada hoje. O risco implica que uma dada ação possui mais de um resultado possível.

Neste sentido simples, cada ação é efetivamente "arriscada", de atravessar a rua a construir uma represa. O termo é usualmente reservado, entretanto, a situações onde a faixa de possíveis resultados para uma dada ação são significantes em algum sentido. Ações comuns como atravessar a rua em geral não tem tanto risco, enquanto construir uma represa pode ser bastante arriscado. Em algum ponto entre os dois, as ações passam de não-arriscadas a arriscadas. Esta distinção, embora vaga, é importante – se você julga que uma situação é arriscada, o risco se torna um critério para decidir que curso de ação deve perseguir. Em algum ponto, alguma forma de Análise de Risco se torna viável.

Características do Risco

O risco deriva da nossa inabilidade de prever o futuro e indica um grau de incerteza que é significante o suficiente para percebermos. Esta definição bastante vaga toma mais forma quando mencionamos várias características importantes do risco.

Primeiramente, o risco pode ser objetivo ou subjetivo. Lançar uma moeda é um risco objetivo, porque as chances são bem conhecidas. Embora o resultado seja incerto, um risco objetivo pode ser descrito precisamente baseado na teoria, experimentos ou senso comum. Todo mundo concorda com a descrição de um risco objetivo. Descrever as chances de chuva na próxima quinta-feira não é tão fácil, e representa um risco subjetivo. Dada a mesma informação, temperatura, computadores, etc., o meteorologista A pode pensar que as chances de chuva são de 30% enquanto o meteorologista B pode considerar 65%. Nenhum está errado. Descrever um risco subjetivo é uma questão aberta no sentido que você pode sempre refinar sua avaliação com novas informações, mais estudo ou dando peso à opinião dos outros. A maioria dos riscos é subjetiva e isto tem implicações importantes para qualquer pessoa que analise risco ou tome decisões baseadas em Análises de Risco.

Em segundo lugar, decidir que algo é arriscado requer julgamento pessoal, até para riscos objetivos. Imagine lançar uma moeda em uma aposto em que você ganha $1 para cara e perde $1 para coroa. Esta faixa entre $1 e -$1 não seria significante para a maioria das pessoas. Se os valores fossem $100.000 e -$100.000 respectivamente, a maioria das pessoas acharia a situação bastante arriscada. Haveria algumas pessoas muito ricas, no entanto, para as quais esta faixa ainda não seria significativa.

Em terceiro lugar, ações arriscadas e desta forma risco, são coisas que em geral podemos escolher ou evitar. Os indivíduos são diferentes com relação à quantidade de risco que aceitam de bom grado. Por exemplo, dois indivíduos com patrimônio líquido igual podem reagir de forma diferente a aposta de $100.000 com a moeda descrita acima – um pode aceitar enquanto o outro recusa. A preferência pessoal pelo risco de ambos é diferente.

A Necessidade de Análise de Risco

O primeiro passo na Modelagem de Análise de Risco é reconhecer a necessidade para tal. Há risco significativo envolvido na situação em que você está interessado? A seguir alguns exemplos para ajudá-lo a avaliar situações quanto à presença de risco significativo:

- ***Riscos para Desenvolvimento e Marketing de Novos Produtos —*** O departamento de P&D conseguirá resolver o problema técnico? O competidor chegará ao mercado primeiro, ou com um produto melhor? Quanto impacto a campanha de propaganda proposta terá nos níveis de vendas? Os custos de produção serão de acordo com a previsão? O preço de vendas proposto terá de ser alterado para refletir níveis de demanda não antecipados pelo produto?
- ***Riscos para Análises de Título e Gerenciamento de Ativos —*** Como uma aquisição possível alterará o valor do portfólio? Uma nova equipe de gerenciamento afetará o preço do mercado? Uma firma adquirida somará resultados como previsto? Como uma correção de mercado impactará um determinado setor?
- ***Riscos para Gerenciamento de Operações e Planejamento —*** Um dado nível de estoques será suficiente para níveis de demanda imprevisíveis? Os custos trabalhistas aumentarão de maneira significativa com as próximas negociações sindicais? Como a legislação ambiental pendente afetará os custos de produção? Como os eventos políticos e de mercado afetarão fornecedores externos em termos de taxa de câmbio, barreiras comerciais e cronogramas de entrega?
- ***Riscos para Projeto e Construção de uma Estrutura (prédio, ponte, represa...) —*** O custo de materiais de construção e mão-de-obra será de acordo com o previsto? Uma greve afetará o cronograma de construção? Os níveis de tensão colocados na estrutura por cargas e pela natureza serão de acordo com o previsto? A estrutura será tensionada ao ponto de falha?
- ***Riscos para Investimento em Exploração de Petróleo e Minerais —*** Alguma coisa será encontrada? Se uma jazida for encontrada, será inviável ou excelente? Os custos de desenvolvimento da jazida serão como previstos? Algum evento político como um embargo, reforma fiscal ou novas leis ambientais alterarão drasticamente a viabilidade econômica do projeto?
- ***Riscos para Planejamento de Políticas —*** Se a política está sujeita a aprovação do legislativo, será aprovada? O nível de consenso com relação as diretrizes da política será completo ou parcial? Os custos de implementação serão conforme previstos? O nível de benefícios ocorrerá segundo a projeção?

Avaliando e Quantificando o Risco

Reconhecer que a situação possui risco é apenas o primeiro passo. Como você quantifica o risco que identificou para uma determinada situação incerta? "Quantificar o risco" significa determinar todos os possíveis valores que uma variável com risco pode assumir e determinar a probabilidade relativa de cada valor. Suponha que a sua situação incerta é o resultado do lançamento de uma moeda. Você pode repetir o lançamento um grande número de vezes até estabelecer o fato que metade das vezes o resultado é cara e na outra metade, coroa. Alternativamente você pode calcular este resultado matematicamente a partir de um conhecimento básico de probabilidade e estatística.

Na maioria das situações reais, você não pode realizar um "experimento" para calcular seu risco da mesma forma que o lançamento de uma moeda. Como você pode calcular a curva provável de aprendizado associada com a introdução de um novo equipamento? Você pode ser capaz de refletir sobre experiências passadas, mas uma vez que instalou o equipamento, a incerteza acabou. Não há fórmula matemática que você possa resolver para obter o risco associado com os resultados possíveis. Você deve estimar o risco usando a melhor informação disponível.

Se você puder calcular os riscos da sua situação da mesma forma que faria para um lançamento de moeda, o risco é objetivo. Isto significa que todos concordariam que você quantificou o risco corretamente. No entanto, a maior parte da quantificação de risco envolve julgamento de valor. Pode não haver informação completa disponível sobre a situação, a situação pode não ser reproduzida como um lançamento de moeda ou pode simplesmente ser muito complexa para se obter uma resposta inequívoca. Tal quantificação de risco é subjetiva, o que significa que alguém pode discordar da sua avaliação.

Suas avaliações subjetivas do risco tem uma possibilidade boa de se alterar quando você obtém mais informações sobre a situação. Se você tiver derivado subjetivamente uma avaliação de risco, deve sempre se perguntar se há informação adicional disponível que poderia ajudá-lo a avaliar melhor. Se estiver disponível, qual é a dificuldade e custo de obtê-la? Quanto ela poderia influenciar sua mudança de posição? Quanto estas alterações afetariam os resultados finais do modelo que você está analisando?

Descrevendo o Risco com uma Distribuição de Probabilidade

Se você já quantificou o risco – resultados e probabilidades de ocorrência – pode sumarizar este risco usando uma distribuição de probabilidade. Uma distribuição de probabilidade é uma ferramenta para apresentar o risco quantificado para uma variável. O RISKOptimizer e o @RISK (add-in de simulação para o Excel usado pelo RISKOptimizer) usam distribuições de probabilidade para descrever valores incertos em suas planilhas Excel e apresentar resultados. Há muitas formas e tipos de distribuições de probabilidade, cada qual descrevendo uma faixa de valores possíveis e sua probabilidade de ocorrência. A maioria das pessoas já ouviu falar da distribuição normal – a tradicional "curva de sino". Mas há uma grande variedade de tipos de distribuição que vão desde a uniforme e triangular até formas mais complexas como a gama e a Weibull.

Todos os tipos de distribuições usam um conjunto de argumentos para especificar uma faixa de valores e a distribuição de probabilidades destes valores. A distribuição normal, por exemplo, usa uma média e um desvio padrão como argumentos. A média define o valor ao redor do qual a curva de sino será centralizada e o desvio padrão define a faixa de valores ao redor da média. Mais de trinta tipos de distribuições estão disponíveis para você no RISKOptimizer para descrever distribuições para valores incertos nas suas planilhas em Excel.

Modelando Incerteza no RISKOptimizer

Você é o "expert" na compreensão dos problemas e situações que gostaria de analisar. Se você tem um problema que está sujeito a risco, o RISKOptimizer e o Excel podem ajudá-lo a construir um modelo lógico e completo.

Um ponto forte do RISKOptimizer é que permite que você trabalhe em um ambiente de construção familiar e padronizado – o Microsoft Excel. O RISKOptimizer trabalha com o seu modelo em Excel, permitindo que você modele a incerteza mas preserve as funcionalidades familiares da planilha. Presumidamente você sabe como construir modelos em planilha Excel – o RISKOptimizer agora lhe fornece a habilidade de modificar facilmente tais modelos para incluir incertezas.

Variáveis

Variáveis são os elementos básicos das planilhas Excel que você identificou como sendo ingredientes importantes para a sua análise. Se você está modelando uma situação financeira, suas variáveis podem ser itens como Vendas, Custos, Receitas ou Lucros ao passo que se você estiver modelando uma situação geológica, as variáveis podem ser itens como Profundidade da Jazida, Espessura da Camada de Carvão ou Porosidade. Cada situação possui suas próprias variáveis, identificadas por você. Em uma planilha típica uma variável rotula uma linha ou coluna da planilha, por exemplo:

Certo ou Incerto

Você pode conhecer os valores que suas variáveis assumirão no quadro temporal de seu modelo – eles são certos ou o que os estatísticos chamam de "determinísticos". Por outro lado, você pode não conhecer os valores que eles assumirão – eles são incertos, ou "estocásticos". Se as suas variáveis são incertas você precisará descrever a natureza da sua incerteza. Isto é feito com as distribuições de probabilidade, que fornecem tanto a faixa de valores que a variável pode assumir (do mínimo ao máximo) quanto a probabilidade de ocorrência de cada valor na faixa. No RISKOptimizer, valores incertos e valores de células são inseridos como funções de distribuição de probabilidade como, por exemplo:

RiskNormal(100,10)
RiskUniform(20,30)

RiskExpon(A1+A2)
RiskTriang(A3/2.01,A4,A5)

Estas funções de "distribuição" podem ser inseridas nas células e fórmulas de sua planilha como qualquer outra função do Excel.

Independente ou Dependente

Além de serem certas ou incertas, as variáveis em um modelo podem ser "independentes" ou "dependentes". Uma variável independente é totalmente livre de outras variáveis de seu modelo. Por exemplo, se você constrói um modelo financeiro para avaliar a rentabilidade de uma atividade de agricultura, você pode incluir uma variável incerta chamada Quantidade de Chuva. É razoável assumir que as outras variáveis no seu modelo como Preço da Commodity e Custo do Fertilizante não tenham efeito na quantidade de chuva – a Quantidade de Chuva é uma variável independente.

Uma variável dependente, por outro lado, é determinada completa ou parcialmente por uma ou mais variáveis do seu modelo. Por exemplo, uma variável chamada Rentabilidade da Commodity no modelo acima deverá depender da variável independente Quantidade de Chuva. Se a chuva é pouca ou excessiva, a rentabilidade da commodity é baixa. Se a quantidade de chuva é normal, a rentabilidade da commodity deve ser entre abaixo da média até acima da média. Talvez existam outras variáveis que afetem a rentabilidade da commodity como Temperatura, Perda devida a Insetos, etc.

Quando você identificar um valor incerto na sua planilha Excel deve decidir se as variáveis são independentes ou dependentes. As funções DEPC e INDEPC do RISKOptimizer são empregadas para identificar variáveis independentes e dependentes. É extremamente importante reconhecer corretamente as relações de dependência entre variáveis ou o seu modelo pode gerar resultados ilógicos. Por exemplo, se você ignorar a relação entre Quantidade de Chuva e Rentabilidade da Commodity, o RISKOptimizer pode escolher um valor baixo para a chuva ao mesmo tempo que escolheu um valor alto para a rentabilidade – claramente algo que a natureza não permitirá.

Analisando um modelo com Simulação

Uma vez que você tenha inserido os valores incertos nas células da sua planilha terá uma planilha Excel que o RISKOptimizer pode analisar.

Simulação

O RISKOptimizer utiliza a simulação, às vezes denominada de Simulação de Monte Carlo, para considerar a incerteza durante uma otimização. A simulação neste sentido se refere a um método no qual a distribuições de possíveis resultados é gerada pela permissão de que o computador recalcule sua planilha várias vezes, cada uma delas usando conjuntos de valores para as distribuições de probabilidade nos valores e fórmulas de suas células. Na verdade, o computador está tentando todas as combinações de valores de variáveis de entrada para simular todos os resultados possíveis. É como se você rodasse centenas ou milhares da análises de sensibilidade ("what-if") em sua planilha, de uma vez só.

O que queremos dizer quando falamos que a simulação “tenta todas as combinações válidas dos valores das variáveis de entrada "? Suponha que você tem um modelo com apenas duas variáveis de entrada. Se não há incerteza nestas variáveis, você pode identificar um valor único possível para cada variável. Estes dois valores podem ser combinados pelas fórmulas de sua planilha para calcular os resultados de interesse – também um valor certo ou determinístico. Por exemplo, se os inputs determinísticos forem:

Receita = 100
Custo = 90

Então o resultado será

Lucro = 10

Que será calculado pelo Excel da forma

Lucro = 100 - 90

Há uma única combinação dos valores das variáveis de entrada, porque há apenas um valor possível para cada variável.

Agora considere a situação em que haja incerteza nas duas variáveis. Por exemplo,

Receitas = 100 ou 120
Custos = 90 ou 80

São duas combinações para cada variável de entrada. Em uma simulação, o RISKOptimizer consideraria todas as combinações possíveis para estas variáveis, parar calcular valores possível para o resultado, Lucro.

Há quatro combinações:

Lucro = Receitas - Custos
10 = 100 - 90
20 = 100 - 80
30 = 120 - 90
40 = 120 - 80

Lucro também é uma variável incerta, porque é calculada a partir de variáveis incertas.

Como a Simulação Funciona

No RISKOptimizer, a simulação usa duas operações distintas:

- **Selecionar conjuntos de valores para as funções de distribuição de probabilidade contidas nas células e fórmulas de sua planilha**
- **Recalcular a planilha Excel usando os novos valores**

A seleção de valores das distribuições de probabilidade é chamada amostragem e cada cálculo da planilha é chamado de iteração. O RISKOptimizer gera distribuições de output pela consolidação dos resultados únicos obtidos em todas as iterações.

Capítulo 9: Extras do RISKOptimizer

Adicionando Restrições.....193

Restrições de Faixa.....194
Restrições Hard - customizadas.....195
Restrições de Iteração e Simulação.....196
Restrições Soft.....196
Funções de Penalidade.....197
Inserindo uma Função de Penalidade.....197
Visualizando os Efeitos de uma Função de Penalidade Inserida.....198
Visualizando as Penalidades Aplicadas.....198
Inserindo Restrições Soft na sua Planilha.....199
Mais Exemplos de Funções de Penalidade.....199
Usando Funções de Penalidade.....200
Problemas com Múltiplos Objetivos.....201

Aumentando a Velocidade.....203

Como a Otimização do RISKOptimizer é implementada.....205

Seleção.....205
Crossover.....206
Mutação.....207
Substituição.....207
Restrições.....207

Adicionando Restrições

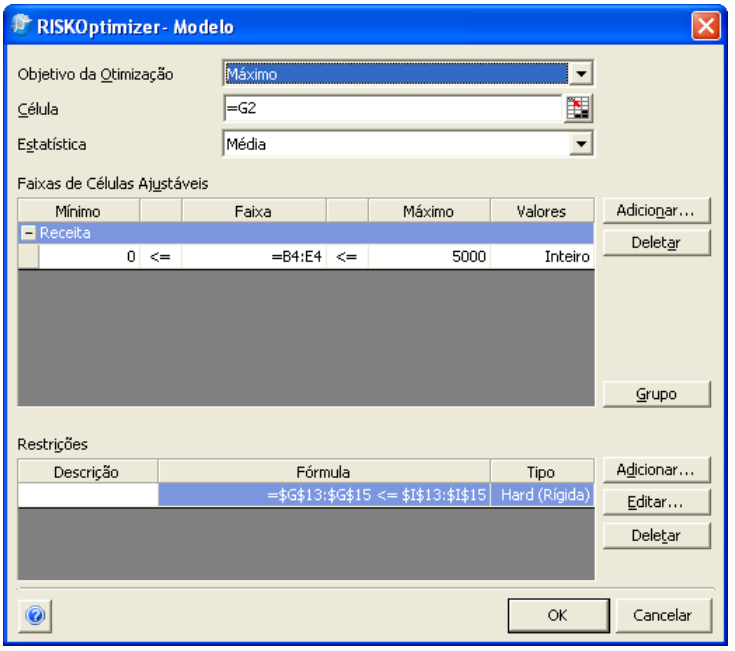
Problemas realistas possuem em geral um número de restrições que devem ser atendidas enquanto se busca as respostas ótimas. Por exemplo, no tutorial que busca o design de transformadores com o menor custo, uma das restrições é que o transformador deve se manter frio, irradiando menos do que 0,16 watts/cm^2.

Um cenário que atende todas as restrições em um modelo é dito uma solução viável ou "válida". Às vezes é difícil encontrar soluções viáveis para um modelo, quanto mais encontrar a solução viável ótima. Isto pode ser porque o problema está sobre-especificado (há muitas restrições, ou algumas conflitam entre si) e não há soluções viáveis.

Há três tipos básicos de restrições: restrições de ***faixa***, ou faixas mín-máx inseridas nas células ajustáveis, restrições ***hard***, que devem sempre ser atendidas e restrições ***soft*** que devem ser atendidas na medida do possível, mas que estamos propensos a trocar por uma grande melhoria no ajuste da solução.

Restrições de Faixa

As restrições rígidas mais simples são aquelas que são inseridas nas variáveis. Configurando uma certa faixa para cada variável, podemos limitar o número total de soluções possíveis que o RISKOptimizer irá buscar, resultando numa busca mais eficiente. Insira valores Min e Max na seção Faixas de Células Ajustáveis na Janela do Modelo para informar ao RISKOptimizer a faixa de valores que são aceitáveis para cada variável.



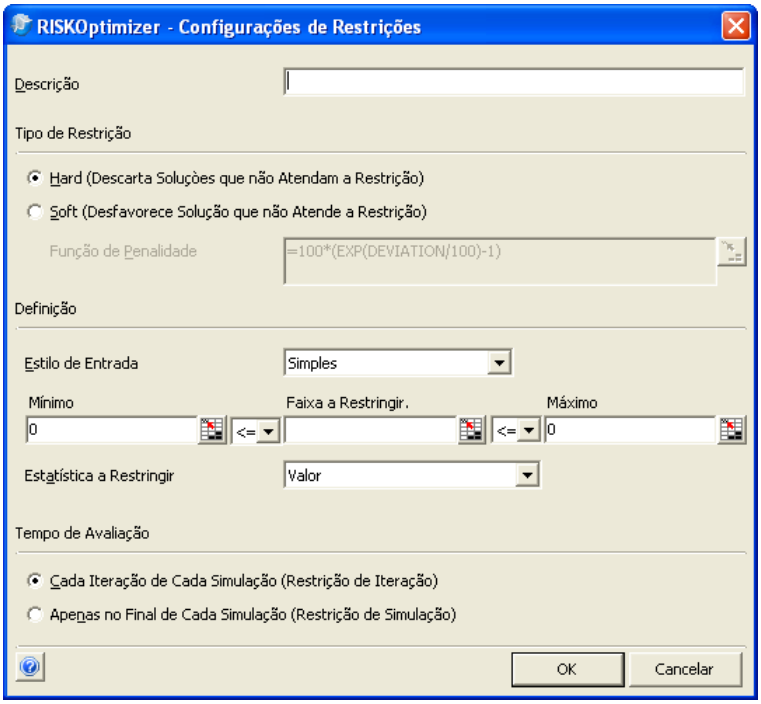
RISKOptimizer tentará apenas valores entre 0 e 50.000 para as células especificadas.

Um segundo tipo de restrição inserida nas variáveis é inata de cada um dos métodos de solução do RISKOptimizer (receita, ordem, agrupamento, etc.). Por exemplo, quando ajustamos variáveis usando o método de orçamento, isso significa que o RISKOptimizer está restrito de forma rígida a testar apenas conjuntos de valores que somem a mesma quantia. Como a configuração Faixas, esta restrição hard também reduz o número de possíveis cenários que devem ser procurados.

A opção inteiro na caixa de diálogo Modelo também é uma restrição hard, informando ao RISKOptimizer para testar apenas valores inteiros (1, 2, 3 etc.) em vez de números reais (1.34, 2.034, etc.) quando ajusta os valores das variáveis.

Restrições Hard - customizadas

Qualquer restrição que esteja fora das restrições de variáveis do RISKOptimizer pode ser inserida usando a caixa de diálogo Configurações de Restrições.



***NOTA:** Como a evolução na natureza, o poder de solução de problemas do algoritmo genético recai primariamente na sua habilidade de explorar livremente muitas combinações de soluções possíveis, e naturalmente apontar na direção das melhores. Se proibirmos o* **RISKOptimizer** *de enxergar as soluções que não atendem as nossas demandas, o processo de otimização do algoritmo genético pode ser menos efetivo.*

É sempre mais fácil para o RISKOptimizer encontrar soluções que atendam as restrições hard se o cenário inicial na planilha também atender estas restrições, o que permite que o RISKOptimizer conheça um ponto inicial no espaço de soluções válidas. Se você não conhece um cenário que atenda as restrições, rode o RISKOptimizer com qualquer cenário inicial e ele usará seus recursos para encontrar cenários que atendam as restrições.

Restrições de Iteração e Simulação

Restrições rígidas no *RISKOptimizer* podem ser avaliadas **1) a cada iteração de uma corrida de simulação para uma solução teste (uma restrição de "iteração")**, ou **2) no final da corrida da simulação para uma solução teste (uma restrição de "simulação")**.

- Uma **restrição de iteração** é uma restrição que é avaliada a cada iteração de uma simulação rodada para uma dada solução teste. Se uma iteração resultar em valores que violem a restrição hard, a simulação é interrompida (e a solução teste rejeitada) e a próxima solução teste e sua simulação associada iniciam.
- Uma **restrição de simulação** é especifica em termos de uma estatística da simulação para uma célula da planilha; por exemplo a *Média de A11>1000*. Neste caso, a restrição é avaliada no final de cada simulação. Uma restrição de simulação, ao contrário de uma restrição de iteração, nunca vai interromper uma simulação antes da mesma se encerrar.

Restrições Flexíveis

Forçar um programa a encontrar apenas soluções que atendem todas as restrições pode resultar em não encontrar nenhuma solução viável. Em geral, é mais útil obter soluções aproximadamente viáveis, onde talvez algumas soluções não consigam atender as restrições.

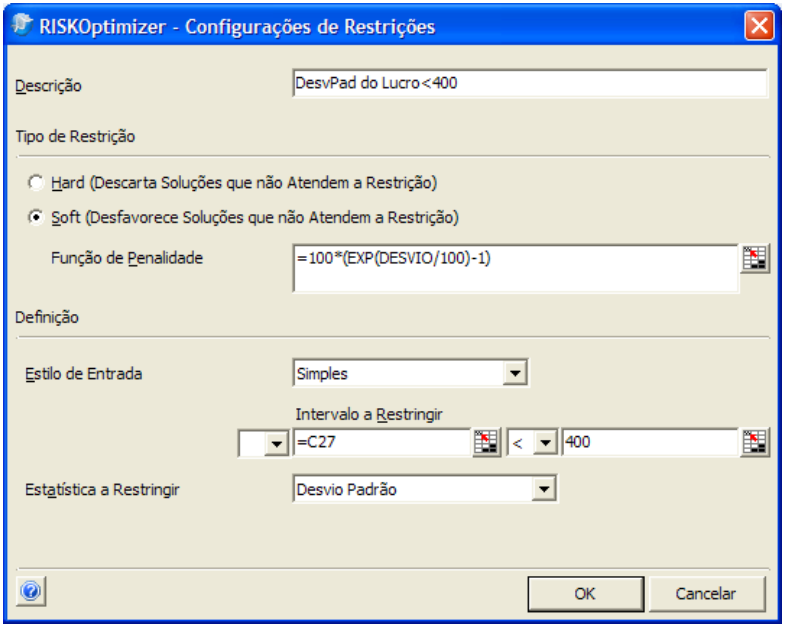
Uma alternativa ao uso de "restrições hard" que devem ser atendidas é reconfigurar o problema com "restrições soft": restrições que o RISKOptimizer ***tenderá a atender***. Estas restrições soft são em geral mais realistas e permitem que o RISKOptimizer tente muitas opções. No caso de um problema altamente restrito (onde não há muitas soluções que atendam todas as restrições), o algoritmo genético do RISKOptimizer terá maior probabilidade de alcançar a solução ótima se for permitido obter feedback de algumas soluções que estão *próximas* de satisfazer as restrições.

Quando as restrições representam metas, como "produzir duas vezes mais garfos do que facas", em geral não é tão importante atendê-las exatamente, especialmente se obter uma agenda de produção perfeitamente balanceada requer um processo de otimização de um dia inteiro. Neste caso, uma boa solução para o problema, que *quase* atende a restrição (produção é 40% garfos, 23% facas, 37% colheres), é geralmente melhor do que esperar o dia inteiro para verificar que talvez não haja solução, porque *todas* as restrições possivelmente não podem ser atendidas.

Funções de Penalidade

Restrições soft podem ser facilmente implementadas no Excel com o uso de ***funções de penalidade***. Em vez de dizer ao RISKOptimizer que ele absolutamente não pode empregar certos valores quando estiver buscando soluções, você permite que esse valores "inválidos" sejam explorados, mas penaliza estas soluções. Por exemplo, seu problema pode envolver encontrar a forma mais eficiente de distribuir bens com a restrição de que você use apenas três caminhões. Um modelo mais preciso incluiria uma função de penalidade que lhe permitisse usar mais caminhões, mas adicionaria um custo significativo ao resultado. As funções de penalidade podem ser especificadas na caixa de diálogo Configurações de Restrições ou inseridas diretamente nos seu modelo adicionando fórmulas para representar as funções de penalidade.

Inserindo uma Função de Penalidade



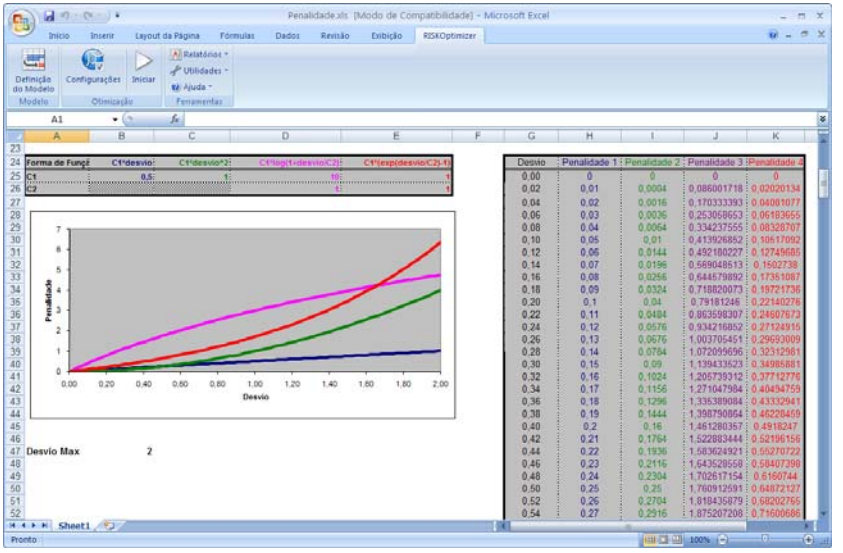
O RISKOptimizer possui uma função de penalidade padrão que é exibida quando você insere uma restrição soft. Qualquer fórmula válida do Excel pode, entretanto, ser inserida para calcular a quantidade de penalidade a ser aplicada quando a restrição soft não é atendida. Uma função de penalidade inserida deve incluir a palavra chave ***desvio*** que representa a quantidade absoluta pela qual a restrição foi além de seu limite. No final de cada simulação para uma solução teste o RISKOptimizer verifica se a restrição soft foi atendida; se não foi, insere a quantidade de desvio na fórmula da função de penalidade inserida e então calcula o valor da penalidade a ser

aplicada na estatística da célula-alvo que está sendo minimizada ou maximizada.

O valor da penalidade pode ser tanto somado ou quanto subtraído da estatística calculada para a célula-alvo de forma a torná-la menos "ótimo". Por exemplo, se *Máximo* for escolhido no campo *Encontrar o*, no Diálogo do Modelo do RISKOptimizer, a penalidade será subtraída da estatística calculada para a célula-alvo.

Visualizando os Efeitos de uma Função de Penalidade Inserida

O RISKOptimizer inclui uma planilha Excel chamada PENALTY.XLS que pode ser usada para avaliar os efeitos de diferentes funções de penalidades em restrições soft específicas e resultados de células alvo.



A planilha PENALTY.XLS permite que você selecione uma restrição soft de seu modelo cujos efeitos deseja analisar. Você pode então alterar a função de penalidade para verificar como a função irá mapear um valor específico para a restrição soft não atendida em um valor específico de alvo penalizado. Por exemplo, se a sua restrição soft é A10<100, você pode usar a PENALTY.XLS para verificar qual seria o valor do alvo se um valor de 105 fosse calculado para a célula A10.

Visualizando as Penalidades Aplicadas

Quando uma penalidade é aplicada para uma célula-alvo devido a uma restrição soft não atendida, a quantidade de penalidade aplicada pode ser visualizada no Observador do RISKOptimizer. Adicionalmente, os valores de penalidades são exibidos nas planilhas de Registro de Otimização, criadas opcionalmente após a otimização.

Inserindo Restrições Soft na sua Planilha

As funções de penalidade também podem ser inseridas diretamente na sua planilha. Uma função de penalidade Boleana associará uma dada penalidade para qualquer cenário que não atenda a restrição especificada. Por exemplo, se quiser que o valor da célula B1 (oferta) seja maior ou igual que o valor da célula A1 (demanda), você pode criar esta função penalidade em outra célula: *=SE(A1>B1; -1000; 0)*. Se o resultado desta célula for adicionado à estatística para a célula-alvo, toda vez que o RISKOptimizer tentar uma solução que viole esta restrição (ou seja, a oferta não atende a demanda), a estatística para a célula-alvo sendo maximizada mostraria um valor menor em 1000 que o resultado real. Qualquer solução que viole esta restrição produziria um valor inferior para a estatística da célula-alvo, e eventualmente o RISKOptimizer iria eliminar estes organismos.

Você também pode usar uma função de penalidade de escala, que penaliza de forma mais precisa as soluções com relação a quanto ela viole a restrição. Isto é bastante prático em problemas reais, porque uma solução em que a oferta não atende a demanda com diferença pequena seria melhor que uma solução onde a oferta nem chegou perto da demanda. Um função de penalidade de escala simples computa a diferença absoluta entre o valor da meta da restrição e o seu valor real. Por exemplo, no mesmo problema onde A1 (demanda) não deve exceder B1 (oferta), poderíamos associar a seguinte função penalidade: *=SE(A1>B1; (A1-B1)^2; 0)*. Este tipo de função de penalidade mede quão próxima a restrição está de ser atendida, e exagera esta diferença através de seu quadrado. Agora nossa penalidade se altera baseada em por quanto a solução viola a restrição.

Mais Exemplos de Funções de Penalidade

Por exemplo, suponha que você criou um modelo de uma fábrica onde uma das restrições é que a quantidade de madeira usada deve ser igual à quantidade de plástico usada. Esta restrição é atendida quando "QuantMad" = "QuantPlast". Desejamos encontrar soluções que incluam a mesma quantidade de ambos os materiais, então criamos uma função de penalidade para desencorajar soluções que se desviem de nossa meta. A fórmula "=ABS(QuantMad-QuantPlast)" computa a diferença absoluta (não-negativa) entre a quantidade de madeira e de plástico sendo usada. Empregando a função aBS(), chegamos à mesma penalidade se QuantMad for 20 unidades maior que QuantPlast ou se QuantPlast for 20 unidades maior que QuantMad. Quando otimizamos o modelo, nossa meta é minimizar a média dos resultados da simulação para esta diferença absoluta.

Suponha que impusemos a seguinte restrição: a quantidade de madeira deve ser o dobro da quantidade de plástico. A função de penalidade seria então:

```
=ABS(QuantMad-QuantPlast*2)
```

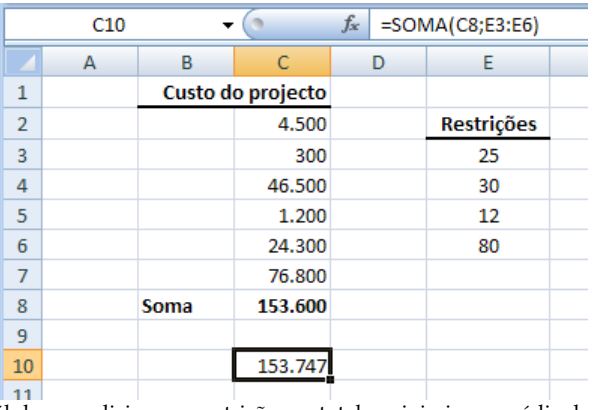
Uma restrição diferente possível é que a quantidade de madeira deve ser ***não mais do que*** duas vezes a quantidade de plástico. Enquanto o exemplo anterior produziu uma penalidade se houvesse muita madeira, neste caso apenas há penalidade se não houver madeira suficiente; se QuantMad é dez vezes o valor de QuantPlast, desejamos que nenhuma penalidade seja aplicada. A função de penalidade apropriada seria:

```
=SE(QuantMad<QuantPlast*2, ABS(QuantPlast*2-
QuantMad),0)
```

Se QuantMad for pelo menos duas vezes maior que QuantPlast, a função de penalidade retorna zero. De outra forma, fornece uma medida de quão menor que duas vezes QuantPlast é o valor de QuantMad.

Usando Funções de Penalidade

Depois de criar suas funções de penalidade para descrever as restrições soft no modelo, você pode combiná-las com sua célula-alvo normal para obter uma fórmula restringida na célula-alvo. No exemplo ilustrado abaixo, se a célula C8 computa o custo total de um projeto, e as células E3:E6 contêm cinco funções de penalidade, então você pode criar uma fórmula na célula C10 tal como =SOMA(C8, E3:E6).



Criar uma célula que adiciona as restrições ao total e minimizar a média dos resultados da simulação para esta célula.

Esta ação adiciona as penalidades na coluna E ao custo em C8 para obter uma função penalizada ou restringida em C10. Note que se este fosse um problema de maximização, você subtrairia, ao invés de adicionar, as penalidades à célula-alvo original. Agora quando utilizar o RISKOptimizer, você simplesmente selecionará a célula restringida, C10, como a célula-alvo a ser aquela cuja estatística de simulação será otimizada.

Quando o RISKOptimizer tenta otimizar uma estatística restringida para uma célula-alvo, as funções de penalidade tenderão a forçar a busca na direção de cenários que atendam as restrições. Eventualmente o RISKOptimizer chegará a soluções que são boas respostas e que atendem ou praticamente atendem todas as restrições (as funções penalidade possuirão valores próximos de 0).

Problemas com Múltiplos Objetivos

Você só pode especificar uma célula no campo célula-alvo do RISKOptimizer, mas ainda pode solucionar múltiplos objetivos criando uma função que combine as duas metas em uma só. Por exemplo, como cientista de polímeros, você pode tentar criar uma substância que é flexível mas também resistente. Seu modelo computa a resistência, flexibilidade e peso resultantes que resultariam de uma dada mistura de combinações químicas. As quantidades de cada produto químico a serem usadas são as variáveis ajustáveis do problema.

Como você deseja maximizar a Resistência da substância (na célula S3) mas também a Flexibilidade (na célula F3), poderia criar uma nova célula com a fórmula: =(S3+F3). Esta seria sua nova célula-alvo, pois quanto maior for este número, melhor a solução geral.

Se a flexibilidade for um componente mais importante que a resistência, poderíamos alterar a fórmula na célula-alvo para =(S3+(F3*2)). Desta forma, os cenários que aumentarem a flexibilidade por uma certa quantidade pareceriam melhor (produziriam um melhor valor de "ajuste" ou objetivo) que os cenários que aumentassem a força pela mesma quantidade.

Se quiser maximizar a Resistência de uma substância (na célula S5) mas também minimizar seu Peso (na célula W5) você criaria uma nova célula com a seguinte fórmula: =(S5^2)-(W5^2). Esta fórmula produziria um número alto quando a estrutura fosse resistente e leve, e números igualmente médios para cenários fracos e leves ou resistentes e pesados. Você deveria usar esta nova célula como seu alvo e maximizar sua média para satisfazer ambos objetivos.

Aumentando a Velocidade

Quando você usa o RISKOptimizer para resolver um problema, está usando tanto a biblioteca de rotinas do RISKOptimizer para controlar o processo quanto a função de avaliação do Excel para examinar diferentes cenários. Uma grande porcentagem do tempo usado pelo RISKOptimizer é na verdade usada pelo Excel enquanto recalcula a sua planilha. Há um número de procedimentos que podem ser feitos para acelerar a otimização do RISKOptimizer e o processo de recálculo do Excel.

- A velocidade do RISKOptimizer é diretamente relacionada à velocidade do processador do seu computador. Um Pentium/200 será aproximadamente duas vezes mais rápido que um Pentium/100. Isto significa que o RISKOptimizer será capaz de avaliar duas vezes o número de tentativas na mesma quantidade de tempo.
- Experimente diferentes condições de parada da simulação. Testes iniciais de um modelo devem ser feitos com uma quantidade fixa menor de iterações por simulação. Uma vez que você esteja certo que seu modelo e restrições estão operando conforme deveriam, faça com que o RISKOptimizer determine quantas iterações deve rodar a cada simulação selecionando **Parar na Convergência Real** ou **Parar na Convergência Projetada**. A configuração Parar na Convergência Projetada resulta em otimizações mais rápidas que Parar na Convergência Real.
- Aumente a configuração **Tolerância para Convergência** se você estiver usando a condição Parar na Convergência Real ou Parar na Convergência Projetada. Isto previne que o RISKOptimizer rode iterações desnecessárias sem alterar significativamente as estatísticas da simulação. Entretanto, definir a Tolerância para Convergência muito alta resultará em resultados de simulação instáveis.
- Tente evitar redesenhar sua tela. Desenhar gráficos e números na tela leva tempo, algumas vezes mais de metade do tempo de otimização! Se você possui gráficos ou esquemas na planilha, eles reduzirão a velocidade para recálculo de forma significativa. Você pode dizer ao Excel para não gastar tempo desenhando enquanto o RISKOptimizer está resolvendo um problema; basta desligar a opção *Atualizar Display* no Diálogo do Modelo do RISKOptimizer ou minimizar a planilha Excel. Observe na barra de status o ganho de rapidez no processamento de seu problema.

- Uma vez que o RISKOptimizer tenha mais ou menos convergido para uma solução, e não houver melhoria na melhor solução por um dado tempo (por exemplo, nas últimas mil tentativas), você pode aumentar a taxa de mutação para permitir que o RISKOptimizer alargue o espectro de busca por soluções, em vez de continuar a refinar soluções usando primariamente crossover. Você pode aumentar a taxa de mutação através do Observador do RISKOptimizer usando o comando Configurações da População.
- Defina de forma mais estreita as faixas em que as células ajustáveis deverão recair; isto criará uma área menor em que o RISKOptimizer deve procurar soluções e assim deve acelerar o processo. Assegure que suas faixas dão liberdade suficiente para o RISKOptimizer explorar todas as soluções realísticas.

Como a Otimização do RISKOptimizer é implementada

Nesta seção descrevemos mais especificamente como os algoritmos de otimização do RISKOptimizer são implementados.

> ***NOTA:** Você não precisa conhecer este material para usar o* **RISKOptimizer.**

A maior parte da tecnologia de algoritmos genéticos do RISKOptimizer, como os métodos de solução ***receita*** e ***ordem*** são baseados em trabalhos acadêmicos no campo de algoritmos genéticos nos últimos dez anos. Entretanto, a maior parte dos métodos de solução descendentes incluídos no RISKOptimizer e as funcionalidades de múltiplos grupos de células ajustáveis, backtrack, estratégia e probabilidade só existem no RISKOptimizer.

O RISKOptimizer utiliza uma abordagem de estado de equilíbrio (steady-state), o que significa que somente um organismo é substituído de cada vez, em vez de uma "geração" ser substituída. Foi demonstrado que esta técnica de estado de equilíbrio funciona tão bem ou melhor que os métodos de substituição de gerações. Para encontrar o número equivalente de "gerações" que o RISKOptimizer rodou, tome o número de tentativas individuais exploradas e divida pelo tamanho da população.

Seleção

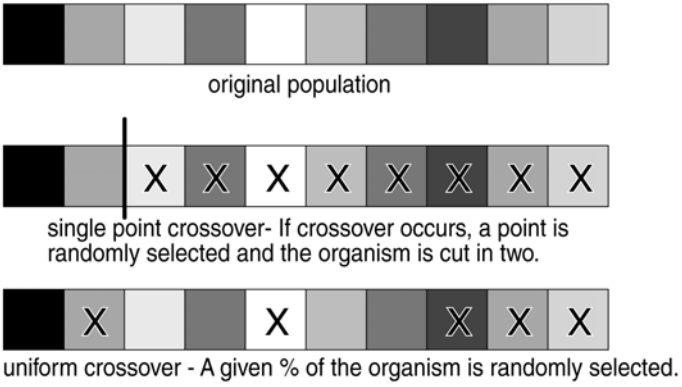
Quando um novo organismo vai ser criado, dois pais são escolhidos na população atual. Os organismos que possuem os maiores valores desejados têm maior probabilidade de serem escolhidos como pais.

No RISKOptimizer os pais são escolhidos em um mecanismo com base em ordem. Ao contrário de outros sistemas de algoritmos genéticos, onde a escolha da chance de um pai ser escolhido para reprodução é diretamente proporcional ao ajuste, uma abordagem de ranking oferece uma curva de probabilidade de seleção mais suave, o que impede que bons organismos dominem totalmente a evolução desde o começo.

Crossover

Como cada método de solução ajusta as variáveis de formas diferentes, o RISKOptimizer emprega uma diferente rotina otimizada de crossover para cada tipo de problema.

O método de solução básico da receita executa crossover através de uma rotina de crossover uniforme, o que significa que em vez de cortar as variáveis em um dado cenário em um ponto e lidar com cada um dos pontos (chamado crossover de "ponto único" ou de "ponto duplo"), dois grupos são formados pela seleção aleatória de itens em um grupo ou no outro. Crossovers tradicionais de ponto *x* podem produzir viés na busca com a posição irrelevante das variáveis, enquanto o método de crossover uniforme é considerado melhor em preservar o esquema e pode gerar qualquer esquema a partir dos dois pais.



O método de solução ordem faz crossover através de um algoritmo similar ao operador de crossover de ordem descrito no livro *Handbook of Genetic Algorithms* de L. Davies.[*] Ele seleciona itens aleatoriamente de um pai, encontra seu lugar no outro pai e copia os itens remanescentes no segundo pai na mesma ordem que apareciam no original. Isto preserva algumas das sub-ordens dos pais originais e cria algumas novas subordinações.

[*] Davis, Lawrence (1991). Handbook of Genetic Algorithms. New York: Van Nostrand Reinhold.

Mutação

Como o crossover, os métodos de mutação são customizados para cada um dos diferentes métodos de solução. O método básico de solução receita faz a mutação observando cada variável individualmente. Um número aleatório entre 0 e 1 é gerado para cada uma das variáveis no organismo, e se a variável obtém um número que é menor ou igual à taxa de mutação (por exemplo, 0.06), então ocorre mutação nesta variável. A intensidade e natureza da mutação é automaticamente determinada por um algoritmo proprietário. Fazer mutação em uma variável envolve substituí-la por um valor gerado aleatoriamente (dentro da faixa mín-máx válida).

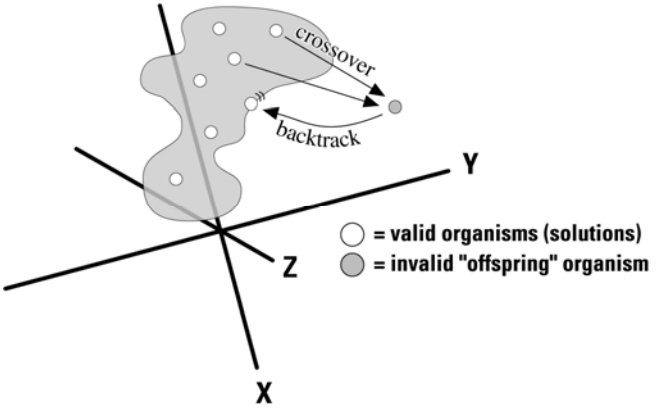
Para preservar os valores originais, o método de solução ordem executa a mutação pela alternância de posições de algumas variáveis no organismo. O número de trocas executada é aumentado ou reduzido proporcionalmente ao aumento e decremento da configuração da taxa de mutação (entre 0 e 1).

Substituição

Como o RISKOptimizer utiliza um método de substituição baseado na ordenação e não um método geracional, organismos com pior performance são sempre substituídos por um novo organismo, criado pela seleção, crossover e mutação, independente do nível de "ajuste".

Restrições

Restrições Hard são implementadas com a tecnologia de "backtracking" da Palisade. Se uma nova solução-filha viola alguma restrição imposta externamente, o RISKOptimizer faz o backtrack para um dos pais desta solução-filha, alterando-a até que a mesma entre no espaço de solução válido.



Apêndice A: Automatizando o RISKOptimizer

VBA

O RISKOptimizer possui elementos de linguagem de macro para a construção de aplicações customizadas que usem as funcionalidades do RISKOptimizer. As funções customizadas do RISKOptimizer podem ser usados no Visual Basic for Applications (VBA) para configurar e rodar otimizações e exibir seus resultados. Para obter mais informações sobre esta interface de programação, consulte a Ajuda do Kit de Desenvolvimento do RISKOptimizer, disponível no menu Ajuda do RISKOptimizer.

Apêndice B: Resolução de Dúvidas / Perguntas e Respostas

Resolução de Problemas / Perguntas e Respostas

Esta seção responde a algumas perguntas mais frequentes sobre o RISKOptimizer e mantém você atualizado sobre questões usuais, problemas e sugestões. Após ler esta seção, você pode contatar o suporte da Palisade nos números listados no capítulo inicial deste manual.

Q: Por que estou tendo problemas na obtenção de uma resposta válida do RISKOptimizer?

A: Assegure-se que o diálogo do RISKOptimizer está configurado corretamente. A maior parte dos problemas está associada com a configuração das variáveis. Cada grupo de células ajustáveis deve ser exclusiva, ou seja nenhuma célula ou faixa de células deve ser tratada por mais de um método de solução.

Q: O RISKOptimizer pode lidar com conceitos ou categorias em vez de apenas números?

A: O RISKOptimizer pode indiretamente lidar com qualquer tipo de dados, pois os números são apenas símbolos. Use uma tabela de referência do Excel para traduzir inteiros e faixas de texto. O RISKOptimizer (como todos os programas de computador) em última análise lida apenas com números, mas a sua interface pode usar estes números para representar e exibir quaisquer faixas de dados.

Q: Embora esteja preenchendo os diálogos da mesma forma, e deixando o RISKOptimizer rodar a mesma quantidade de

tempo, por que o RISKOptimizer encontra algumas vezes soluções diferentes?

A: Assim como no caso da seleção natural no mundo biológico, o algoritmo genético do RISKOptimizer nem sempre seguirá o mesmo caminho quando estiver buscando as soluções (a não ser que você utilize uma semente para geração de número aleatório fixa). Ironicamente é esta imprevisibilidade que permite que o RISKOptimizer solucione mais tipos de problemas e em geral encontre soluções melhores do que as técnicas tradicionais. O mecanismo do algoritmo genético do RISKOptimizer não está apenas executando uma série de comandos pré-programados ou obtendo valores de uma fórmula matemática, mas sim eficientemente experimentando muitos cenários hipotéticos simultaneamente, e então refinando a busca através de muitos operadores de "sobrevivência do mais forte" que também contém elementos aleatórios.

Q: Por que a melhor solução encontrada não está se alterando?

A: Você pode ter especificado a célula-alvo errada no Diálogo do Modelo do RISKOptimizer. O RISKOptimizer está olhando a esta célula em branco e o valor não se altera porque não há fórmula. Para consertar isto, exiba o Diálogo do Modelo do RISKOptimizer e selecione uma célula-alvo apropriada; i.e. uma que reflita com precisão quão boa ou ruim cada solução é. Uma célula-alvo adequada possui uma fórmula que depende, direta ou indiretamente, das variáveis que o RISKOptimizer está ajustando (células ajustáveis).

Q: Algumas das células na minha planilha contêm símbolos "####".

A: Se a célula for muito estreita para exibir todo o seu conteúdo, ela exibirá vários símbolos ####. Aumente o tamanho da célula.

Q: O RISKOptimizer está funcionando bem, mas há alguma forma simples de obter melhores resultados?

A: Considere relaxar as restrições do problema, incluindo faixas de variáveis. Altere algumas das suas restrições hard para restrições flexíveis através de funções de penalidade (veja Adicionando Restrições no Capítulo 8: Extras do RISKOptimizer). Muitas restrições sobre o que o RISKOptimizer pode tentar podem estar impedindo o RISKOptimizer de explorar uma área de possibilidades que pode gerar melhores resultados. Para mais idéias sobre como fazer ajustes finos do RISKOptimizer, veja o Capítulo 8: Extras do RISKOptimizer.

Quanto mais cenários o RISKOptimizer puder rodar, melhor. Acelere o processo do RISKOptimizer desativando a opção "Cada Recálculo" para atualização de display.

Apêndice C: Recursos Adicionais

Recursos de Aprendizado Adicional

A lista a seguir representa uma amostra selecionada de materiais sobre algoritmos genéticos e inteligência artificial. Um asterisco (*) indica uma leitura recomendada da Palisade.

Livros

- Bolles, R.C., & Beecher, M.D. (Eds.). (1988). Evolution and Learning. Lawrence Erlbaum.
- Beer, R.D. (1990). Intelligence as Adaptive Behavior: An Experiment in Computational Neuroethology. Academic Press.
- Davis, Lawrence (1987). Genetic Algorithms and Simulated Annealing. Palo Alto, CA: Morgan Kaufman.

* Davis, Lawrence (1991). Handbook of Genetic Algorithms. New York: Van Nostrand Reinhold.

- Darwin, Charles (1985). On The Origin of Species. London: Penguin Classics. (originally 1859)

* Dawkins, Richard. (1976). The Selfish Gene. Oxford University Press.

- Eldredge, N. (1989). Macroevolutionary Dynamics: Species, Niches, and Adaptive Peaks. McGraw-Hill.
- Fogel, L., Owens, J., and Walsh, J. (1966). Artificial Intelligence through Simulated Evolution. New York: John Wiley and Sons.
- Goldberg, David (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing.
- Holland, J.H. (1975). Adaptation in Natural and Artificial Systems. Ann Arbor, MI: University of Michigan Press.
- Koza, John (1992). Genetic Programming. Cambridge, MA: MIT Press.

* Langton, C.L. (1989). Artificial Life. MIT Press. [ALife I]

- Levy, Steven (1992). Artificial Life. New York: Pantheon.

• Meyer, J.-A., & S.W. Wilson (Eds.). (1991). Proceedings of the First International Conference on Simulation of Adaptive Behavior: From Animals to Animats. MIT Press/Bradford Books.

* Proceedings of the Sixth International Conference (ICGA) on Genetic Algorithms (1995). San Mateo, CA: Morgan Kaufman Publishing. (Também disponível; os cinco primeiros proceedings do ICGA).

• Proceedings of the Workshop on Artificial Life (1990). Christopher G. Langton, Senior Editor. Reading, MA: Addison-Wesley Publishing.

• Rawlins, Gregory (1991). Foundations of Genetic Algorithms. San Mateo, CA: Morgan Kaufman Publishing.

• Richards, R.J. (1987). Darwin and the Emergence of Evolutionary Theories of Mind and Behavior. U. Chicago Press.

• Williams, G.C. (1966). Adaptation and Natural Selection. Princeton U. Press.

Artigos

* Antonoff, Michael (October, 1991). Software by Natural Selection. Popular Science, p. 70-74.

• Arifovic, Jasmina (January, 1994). Genetic Algorithm Learning and the Cobweb Model. In Journal of Economic Dynamics & Control v18 p.3

* Begley, S (May 8, 1995). "Software au Naturel" In Newsweek p. 70

• Celko, Joe (April, 1993). Genetic Algorithms and Database Indexing. In Dr. Dobb's Journal p.30

• Ditlea, Steve (November, 1994). Imitation of Life. In Upside Magazine p.48

• Gordon, Michael (June, 1991). User-based Document Clustering by Redescribing Subject Descriptions with a Genetic Algorithm. In Journal of the American Society for Information Science v42 p.311

• Hedberg, Sara (September, 1994). Emerging Genetic Algorithms. In AI Expert, p. 25-29.

• Hinton, G.E., & Nowlan, S.J. (1987). How Learning Can Guide Evolution. In Complex Systems 1: p.495-502.

* Kennedy, Scott (June, 1995). Genetic Algorithms: Digital Darwinism. In Hitchhicker's Guide to Artificial Intelligence Miller Freeman Publishers

• Kennedy, Scott (December, 1993). Five Ways to a Better GA. In AI Expert, p. 35-38

• Lane, A (June, 1995). The GA Edge in Analyzing Data. In AI Expert p.11

• Lee, Y.C. (Ed.). (1988). Evolution, learning, and cognition. In World Scientific.

• Levitin, G and Rubinovitz, J (August, 1993). Genetic Algorithm for Linear and Cyclic Assignment Problem. In Computers & Operations Research v20 p.575

• Marler, P., & H.S. Terrace. (Eds.). (1984). The Biology of Learning. Springer-Verlag.

• Mendelsohn, L. (December, 1994) Evolver Review In Technical Analysis of Stocks and Commodities. p.33

• Maynard Smith, J. (1987). When Learning Guides Evolution. In Nature 329: p.761-762.

• Murray, Dan (June, 1994). Tuning Neural Networks with Genetic Algorithms. In AI Expert p.27

• Wayner, Peter (January, 1991). Genetic Algorithms: Programming Takes a Valuable Tip from Nature. In Byte Magazine v16 p.361

Revistas e Newsletters

- Advanced Technology for Developers (revista mensal). Jane Klimasauskas, Ed., High-Tech Communications, 103 Buckskin Court, Sewickley, PA 15143 (412) 741-7699
- AI Expert (revista mensal). Larry O'Brien, Ed., 600 Harrison St., San Francisco, CA 94107 (415) 905-2234. *Although AI Expert ceased publishing in the spring of 1995, its back issues contain many useful articles. Miller-Freeman, San Francisco.
- Applied Intelligent Systems (bimonthly newsletter). New Science Associates, Inc. 167 Old Post Rd., Southport, CT 06490 (203) 259-1661
- Intelligence (revista mensal). Edward Rosenfeld, Ed., PO Box 20008, New York, NY 10025-1510 (212) 222-1123
- PC AI Magazine (revista mensal). Joseph Schmuller, Ed., 3310 West Bell Rd., Suite 119, Phoenix, AZ 85023 (602) 971-1869
- Release 1.0 (revista mensal). Esther Dyson, Ed., 375 Park Avenue, New York, NY 10152 (212) 758-3434
- Sixth Generation Systems (revista mensal). Derek Stubbs, Ed., PO Box 155, Vicksburg, MI, 49097 (616) 649-3592

Introdução à Simulação

Se você é novo no mundo da Simulação ou quer algum background sobre a técnica, os livros e artigos a seguir podem ser úteis:

* Baird, Bruce F. Managerial Decisions Under Uncertainty: John Wiley & Sons, Inc. 1989.

* Clemen, Robert T. Making Hard Decisions: Duxbury Press, 1990.

- Hertz, D.B. "Risk Analysis in Capital Investment": HBR Classic, Harvard Business Review, September/October 1979, pp. 169-182.
- Hertz, D.B. and Thomas, H. Risk Analysis and Its Applications: John Wiley and Sons, New York, NY, 1983.
- Megill, R.E. (Editor). Evaluating and Managing Risk: PennWell Books, Tulsa, OK, 1984.
- Megill, R.E. An Introduction to Risk Analysis, 2nd Ed.: PennWell Books, Tulsa, OK, 1985.
- Morgan, M. Granger and Henrion, Max, with a chapter by Mitchell Small, Uncertainty: Cambridge University Press, 1990.
- Newendorp, P.D. Decision Analysis for Petroleum Exploration: Petroleum Publishing Company, Tulsa, Okla., 1975.
- Raiffa, H. Decision Analysis: Addison-Wesley, Reading, Mass., 1968.

Referências Técnicas para Monte Carlo e Simulação

Se você deseja um exame mais profundo de simulação, técnicas de amostragem e teoria estatística, os seguintes livros podem ser úteis:

- Iman, R. L., Conover, W.J. "A Distribution-Free Approach To Inducing Rank Correlation Among Input Variables": Commun. Statist.-Simula. Computa.(1982) 11(3), 311-334

* Law, A.M. and Kelton, W.D. Simulation Modeling and Analysis: McGraw-Hill, New York, NY, 1991,1982.

Rubinstein, R.Y. Simulation and the Monte Carlo Method: John Wiley and Sons, New York, NY, 1981.

Referências Técnicas para Hipercubo Latino

Se você está interessado na técnica de Amostragem Hipercubo Latino, as fontes a seguir podem ser úteis:

- Iman, R.L., Davenport, J.M., and Zeigler, D.K. "Latin Hypercube Sampling (A Program Users Guide)": Technical Report SAND79-1473, Sandia Laboratories, Albuquerque (1980).
- Iman, R.L. and Conover, W.J. "Risk Methodology for Geologic Displosal of Radioactive Waste: A Distribution - Free Approach to Inducing Correlations Among Input Variables for Simulation Studies": Technical Report NUREG CR 0390, Sandia Laboratories, Albuquerque (1980).
- McKay, M.D, Conover, W.J., and Beckman, R.J. "A Comparison of Three Methods for Selecting Values of Input Variables in the Analysis of Output from a Computer Code": Technometrics (1979) 211, 239-245.
- Startzman, R. A. and Wattenbarger, R.A. "An Improved Computation Procedure for Risk Analysis Problems With Unusual Probability Functions": SPE Hydrocarbon Economics and Evaluation Symposium Proceedings, Dallas (1985).

Exemplos e Estudos de Caso Usando Simulação

Se você deseja examinar estudos de caso mostrando o uso da Simulação em situações reais, veja o seguinte material:

Hertz, D.B. and Thomas, H. Practical Risk Analysis - An Approach Through Case Histories: John Wiley and Sons, New York, NY, 1984.

* Murtha, James A. Decisions Involving Uncertainty, An @RISK Tutorial for the Petroleum Industry: James A. Murtha, Houston, Texas, 1993

- Newendorp, P.D. Decision Analysis for Petroleum Exploration: Petroleum Publishing Company, Tulsa, Okla., 1975.

- Pouliquen, L.Y. Risk Analysis in Project Appraisal: World Bank Staff Occasional Papers Number Eleven. John Hopkins Press, Baltimore, MD, 1970.

* Trippi, Robert R. and Truban, Efraim, Neural Networks: In Finance and Investing: Probus Publishing Co., 1993

Glossário

Para informações adicionais sobre qualquer termo, faça referência ao índice remissivo no próximo capítulo.

Algoritmo Um método matemático passo a passo de resolução de um certo tipo de problema. Todos os programas de computador são construídos pela combinação de muitos algoritmos.

Algoritmo de Hill-Climbing (Escalada) Um procedimento de otimização que inicia em um dado cenário e repetitivamente altera o cenário em pequenos passos na direção que mais irá melhorá-lo. Algoritmos de escalada são rápidos e simples, mas possuem duas desvantagens. Primeiro, podem exigir muito trabalho para encontrar a direção de maior melhoria. Segundo, os algoritmos em geral "escalam" o morro mais próximo, ou máximo local. Isto impede o algoritmo de encontrar o máximo global em um problema difícil.

Algoritmo Genético Um procedimento para melhorar os resultados de alguma operação através da tentativa repetitiva de várias soluções possíveis e a reprodução e mistura dos componentes para obter melhores soluções. O processo é inspirado por, e bastante similar ao processo de evolução no mundo biológico, onde os mais adequados sobrevivem para se reproduzir.

Amostra Simples Uma amostra simples é um valor que foi escolhido de uma distribuição de probabilidade descrevendo uma variável aleatória. Tal amostra é retirada aleatoriamente de acordo com um "algoritmo" de amostragem. A distribuição de frequência construída a partir de um grande números de amostras aleatórias retiradas por tal algoritmo vai se aproximar bastante da distribuição de probabilidade para a qual o algoritmo foi projetado.

Assimetria Assimetria é uma medida do formato de uma distribuição. A assimetria indica o grau segundo o qual a distribuição é assimétrica, possuindo valores mais concentrados de um lado ou outro do valor mais provável – uma cauda mais longa que a outra. Uma assimetria de 0 indica uma distribuição simétrica, e uma assimetria negativa indica que a distribuição é assimétrica à esquerda. Assimetria positiva indica uma distribuição assimétrica à direita. *Veja Curtose*

Baby Solver *gíria* Softwares simples que encontram os inputs que produzem um resultado desejado para o output utilizando uma combinação de técnicas de programação linear ou algoritmos simples de hill-climbing. Baby solvers em geral fazem buscas aleatórias e então as refinam para chegar a uma solução "local" ao invés de uma solução "global".

Barra de Status A barra de status aparece na parte inferior da janela do Excel e exibe a atividade atual do RISKOptimizer.

Campo É a unidade básica de entrada de dados. Dependendo do tipo do campo, ele pode conter texto, figuras ou números. A maior parte dos campos nos diálogos do RISKOptimizer solicita ao usuário para inserir a localização de células da planilha ou opções com relação a como o RISKOptimizer deve se comportar.

Célula A célula é uma unidade básica de uma planilha na qual os dados são armazenados. Na planilha Excel pode haver até 256 colunas e 16.000 linhas, para um total de mais de 4 milhões de célula, em cada aba.

Célula Ajustável Uma célula da planilha cujo valor pode ser ajustado pelo RISKOptimizer para tentar otimizar o valor da célula-alvo. Uma célula ajustável é um valor de uma variável e deve sempre conter um número simples, em vez de uma equação.

Célula-alvo A célula da planilha cujos valores desejamos minimizar ou maximizar. Esta célula é definida no diálogo de Modelo do RISKOptimizer (selecione o comando Definição do Modelo ou o ícone Modelo).

Cenário Um conjunto de valores para as variáveis em um modelo em planilha. Cada cenário em geral representa uma solução possível.

Crossover Em um contexto genético, crossing over é uma troca de material genético entre cromatóides homólogos durante a meiose. No RISKOptimizer o termo crossover é usado para expressar o equivalente computacional ao crossing over, onde uma troca entre as variáveis gera novas combinações de cenários.

Curtose Curtose é uma medida do formato da distribuição. A curtose indica quão achatada ou alongada é uma distribuição. Quanto mais alto for o valor da curtose, mais alongada a distribuição.
Veja Assimetria

Desvio Padrão O desvio padrão é uma medida de quão dispersos os valores são em uma distribuição. É igual à raiz quadrada da variância.
Veja Variância

Determinístico O termo determinístico indica que não há incerteza associada com um dado valor ou variável.

Diálogo

A janela na tela do computador que requer que o usuário forneça informações. Também chamada caixa de diálogo. O RISKOptimizer contém dois grandes diálogos; o Diálogo de Modelo do RISKOptimizer e o Diálogo de Células Ajustáveis.

Distribuição Contínua

Uma distribuição de probabilidade onde qualquer valor entre o mínimo e o máximo é possível (possui probabilidade finita).
Veja Distribuição Discreta

Distribuição Cumulativa

Uma distribuição cumulativa, ou uma função de distribuição cumulativa é um conjunto de pontos, cada um dos quais iguala a integral de uma distribuição de probabilidade começando no valor mínimo e terminando no valor associado da variável aleatória.
Veja Distribuição de Frequência Cumulativa, Distribuição de Probabilidade

Distribuição de Frequência

A Distribuição de Frequência é o termo apropriado para as distribuições de probabilidade de output e os histogramas de distribuição de inputs (HISTOGRM) do RISKOptimizer. Uma distribuição de frequência é construída pela associação de valores a classes e representação da frequência da classe pela altura da barra. A frequência de ocorrência corresponde à probabilidade.

Distribuição de Frequência Cumulativa

Uma distribuição de frequência cumulativa é o termo para as distribuições cumulativas de input e output do RISKOptimizer. Uma distribuição cumulativa é construída pela acumulação da frequência (progressivamente adicionado as alturas das barras) ao longo da faixa de uma distribuição de frequência. Uma distribuição cumulativa pode ser uma curva de "inclinação positiva", onde a distribuição descreve a probabilidade de um valor menor ou igual que qualquer valor da variável. Alternativamente, a curva cumulativa pode ser uma curva de "inclinação negativa", onde a distribuição descreve a probabilidade de valor maior ou igual que qualquer valor da variável.
Veja Distribuição Cumulativa

Distribuição de Probabilidade

Uma distribuição de probabilidade ou função densidade de probabilidade é o termo estatístico próprio para uma distribuição de frequência construída a partir de um conjunto infinitamente grande de valores onde o tamanho da classe é infinitesimalmente pequeno.
Veja Distribuição de Frequência

Distribuição Discreta

Uma distribuição de probabilidade onde apenas um número finito de valores discretos é possível entre o mínimo e o máximo.
Veja Distribuição Contínua

Estocástico

Estocástico é um sinônimo para incerto, arriscado.
Veja Risco, Determinístico

Faixas

No RISKOptimizer:

O usuário define a faixa, ou o valor mais alto e mais baixo que o RISKOptimizer está permitido tentar quando estiver ajustando uma certa variável. Embora isto não seja necessário para resolver um problema, definir estas faixas limita as possibilidades e estreita a busca do RISKOptimizer.

No Excel:

Um bloco de células contíguas em uma planilha que é definido pela célula superior esquerda e pela inferior direita (ou seja, A5:C9 descreve uma faixa de 15 células).

Fenótipos

Na biologia, esta é uma característica observável de um indivíduo que é gerado pela interação entre genes, e entre os genes e o ambiente. No estudo de AGs, o fenótipo é usado para descrever variáveis individuais ou "genes" que compõem uma solução completa ou "cromossomo". (veja Genótipo)

Função de Penalidade

Uma equação em planilha que o RISKOptimizer possa usar para penalizar cenários que não atendem algum critério. Funções de penalidade são usadas para ajudar a minimizar efeitos colaterais ou para atingir múltiplos objetivos. De forma diferente de um restrição rígida, uma função de penalidade permite que soluções inválidas sejam exploradas; apenas faz com que estas soluções pareçam piores para que a população evite estas soluções, se puder. Penalidades boleanas são ativadas ou desativas, penalizando todas as soluções inválidas na mesma quantidade. Penalidades de escala são mais fluidas, associando uma penalidade em proporção com o tamanho da violação da restrição.

Função Objetivo (Função objetivo)

Esta é a fórmula que calcula quão boa ou má é qualquer solução proposta para um dado problema. O termo é usualmente utilizado no campo dos algoritmos genéticos como uma analogia ao ajuste (adaptação) na seleção biológica. Construir uma função objetivo precisa é crítico para o uso dos algoritmos genéticos. Um resultado da simulação para esta função se torna a meta ou valor alvo a ser otimizado.

Funções

No Excel, uma função é uma fórmula pré-definida que assume um valor, executa uma operação e retorna um valor. O Excel contém centenas de fórmulas prontas (como "SOMA") que economizam tempo, espaço e são mais rápidas. Por exemplo, em vez de digitar A1+ A2+ A3+ A4+ A5+ A6, você pode digitar SOMA(A1:A6) e obter o mesmo resultado.

Genótipo

Na biologia, esta é a constituição genética de um indivíduo. O termo usualmente se refere à totalidade dos genes do indivíduo. No estudo dos AGs, o genótipo é usado para descrever o "cromossomo" artificial que é avaliado como uma solução possível do problema.

Geração

No campo dos algoritmos genéticos, cada população completamente nova de soluções "filhas" é uma nova "geração". Algumas rotinas de algoritmos genéticos acasalam todos os membros da população de uma vez só, criando uma nova "geração" de organismos filhos que substitui a população prévia. O RISKOptimizer avalia e substitui um organismo de cada vez (ordenado por posto) e desta forma não usa o termo "geração" na sua documentação. Esta técnica de estado de equilíbrio trabalha também com reposição de gerações.

Gerador de Números Aleatórios

Um gerador de números aleatórios é um algoritmo para escolher números aleatórios, tipicamente na faixa entre 0 e 1. Estes números aleatórios são equivalentes a amostras retiradas de uma distribuição uniforme com um mínimo de 0 e máximo de 1. Tais números aleatórios são a base para outras rotinas que os convertem em amostras retiradas de tipos específicos de distribuição.
Veja Amostra Aleatória, Semente

Grupo de Células Ajustáveis

Cada conjunto de variáveis, bem como a forma que são tratados, é um grupo de células ajustáveis. O RISKOptimizer irá listar todos os grupos de células ajustáveis na seção de variáveis do Diálogo do Modelo do RISKOptimizer. Esta arquitetura permite que os problemas complexos possam ser construídos e descritos como vários grupos de células ajustáveis.

Hipercubo Latino

A amostragem Hipercubo Latino é uma técnica relativamente nova de amostragem estratificada usada na modelagem de simulação. Técnicas de amostragem estratificada, em oposição a técnicas do tipo Monte Carlo tendem a forçar convergência de uma distribuição amostrada em menos amostras.
Veja Monte Carlo

Iteração

Uma iteração é um recálculo do modelo do usuário durante uma simulação. Uma simulação consiste de muitos recálculos ou iterações. Durante cada iteração, todas as variáveis incertas são amostradas uma vez de acordo com suas distribuições de probabilidade e o modelo é recalculado usando estes valores amostrados.
Também conhecido como tentativa da simulação

Máximo Global

O maior valor possível para uma dada função. Funções ou modelos complexos podem possuir muitos máximos locais, mas só um máximo global.

Máximo Local O maior valor possível para uma dada função dentro de uma certa faixa de valores. Um máximo local existe para um conjunto de valores das variáveis em uma função se uma mudança leve de qualquer valor das variáveis produz um resultado menor da função. (Comparar com máximo global).

Média A média de um conjunto de valores é a soma de todos os valores do conjunto dividida pelo número total de valores no conjunto.
Sinônimo: valor esperado

Método de Solução O RISKOptimizer inclui seis destes métodos, cada qual usando um algoritmo customizado para resolver um tipo específico de problema. Para cada conjunto de variáveis selecionado em um problema, o usuário deve designar o método de solução associado a estas variáveis. Os seis métodos de solução são: agrupamento, ordem, receita, orçamento, projeto e agendamento.

Modelo Para os propósitos deste manual, um modelo é uma representação numérica, no Excel, de uma situação real.

Momentos mais altos Momentos mais altos são estatísticas de uma distribuição de probabilidade. O termo em geral se refere à assimetria e à curtose, o terceiro e quarto momentos respectivamente. O primeiro e segundo momentos são respectivamente a média e o desvio padrão.
Veja Assimetria, Curtose, Média e Desvio Padrão.

Monte Carlo Monte Carlo se refere ao método tradicional de amostrar variáveis aleatoriamente em modelagem de simulação. As amostras são escolhidas de forma inteiramente aleatória, necessitando de um maior número de amostras para convergir distribuições altamente assimétricas ou de cauda longa.
Veja Hipercubo Latino

Mutação No mundo biológico, mutação genética é a fonte de variação necessária para a seleção natural efetiva. De forma similar, um algoritmo genético usa técnicas de mutação para manter diversidade em uma população de possíveis cenários.

Organismo Um bloco de memória em uma população que armazena um conjunto de valores de variáveis (cenário).

Otimização O processo de encontrar valores para variáveis de forma que o output de uma função possa ser maximizado (tornado o maior possível) ou minimizado (tornado o menor possível). A otimização por resolução de equações é fácil para funções de alteração suave com poucas variáveis, mas extremamente difícil para problemas reais. Problemas difíceis precisam de um mecanismo de busca. O RISKOptimizer usa um mecanismo de otimização de busca baseado em algoritmos genéticos.

Percentil Um percentil é um incremento de valores em um conjunto de dados. Os percentis dividem os dados em 100 partes iguais, cada uma contendo um por cento dos valores totais. O 60º percentil, por exemplo, é o valor no conjunto de dados para o qual 60% dos valores são inferiores (estão abaixo dele) e 40% são superiores.

População O conjunto completo de cenários que o RISKOptimizer mantém na memória a partir do qual novos cenários são gerados. O RISKOptimizer mantém uma população de soluções possíveis para cada grupo de células ajustáveis em um sistema.

Probabilidade Probabilidade é uma medida de quão provável um valor ou evento é. Pode ser medida a partir de dados de simulação como frequência calculando o número de ocorrência do valor ou evento dividido pelo número total de ocorrências. Este cálculo retorna um valor entre 0 e 1 que pode ser convertido para porcentagem multiplicando por 100.

Veja Distribuição de Frequência, Distribuição de Probabilidade

Restrições Restrições são condições que se deseja atender (restrições soft) ou que devem ser atendidas (restrições hard) para que um cenário seja considerado válido.

Restrições Hard ou Rígidas Uma restrição que deve sempre ser atendida. Por exemplos, as faixas para as variáveis em um problema de receita são restrições hard; uma variável definida entre 10 e 20 nunca pode assumir um valor menor que 10 ou maior que 20. Veja também *restrições soft*.

Restrições Soft (Flexíveis) Quando as restrições não precisam necessariamente ser atendidas, elas podem ser soft em vez de hard. Isto pode ser feito pela especificação de uma função de penalidade no RISKOptimizer ou pela soma de uma função de penalidade à função objetivo da célula-alvo.

Geralmente é melhor para as restrições serem soft, se for possível. Isto porque: 1. O RISKOptimizer pode geralmente resolver problemas com restrições flexíveis mais rápido, e 2. um modelo com restrições flexíveis poderá encontrar uma solução ótima que quase atende as restrições flexíveis, que pode em geral ser mais valiosa que uma solução não tão boa que atenda as restrições rígidas (hard).

Simulação Simulação é uma técnica pela qual um modelo tal como uma planilha é calculado muitas vezes com diferentes valores de entrada com a intenção de obter uma representação completa de todos os possíveis cenários que possam ocorrer em uma situação incerta.

Sobrevivência do Mais Forte A idéia que organismos melhor ajustados a um ambiente terão maior probabilidade de sobreviver tempo suficiente para se reproduzir e espalhar seus genes na próxima geração da população.

Solução

Qualquer sistema contém muitas variáveis de entrada que produzem um output. No RISKOptimizer, uma "solução" em geral se refere a uma das possíveis combinações de variáveis e não só *a* melhor combinação.

Tentativas

O processo do RISKOptimizer gerar um valor para cada variável do problema e recalcular o cenário para avaliação.

Valor Mais Provável

O valor mais provável ou moda é o valor que ocorre mais provavelmente em um conjunto de valores. Em um histograma e uma distribuição de resultados é o valor central da classe com maior probabilidade.

Variável Dependente

Uma variável dependente é aquela que depende de alguma forma dos valores de outras variáveis no modelo sob consideração. De uma forma, o valor da variável dependente incerta pode ser calculado usando uma equação onde um dos parâmetros é uma das outras variáveis incertas do modelo. Por outro lado, a variável dependente pode ser retirada de uma distribuição baseada no número aleatório que está correlacionado com o número aleatório usado para retirar uma amostra de uma variável independente.
Veja Variável Independente

Variável Independente

Uma variável independente é aquela que não depende de nenhuma forma dos valores de quaisquer variáveis no modelo sob consideração. O valor de uma variável independente incerta é determinado através de uma amostra feita de uma distribuição de probabilidades apropriada. Esta amostra é independente de qualquer outra amostra randômica extraída de quaisquer outras variáveis no modelo.
Veja Variável Dependente

Índice Remissivo

A

Adicionar – Adicionando Restrições 113
algoritmo, definido 153
Aprendendo a usar o RISKOptimizer 14
Arquivo Readme 14

B

backtracking 207

C

Caixa de diálogo Modelo 41
célula-alvo 94, 222
células ajustáveis 42, 96
cenário de soluções 155
Comando Configurações de Aplicação 135
Comando Solver de Restrições 136
condições de parada 124
condições de parada da otimização 50
condições de parada da simulação 52
crossover rate 174

D

databases 162
diálogo do modelo 93
distribuições de probabilidade 18, 27

E

especificações técnicas 205
exemplo de agendamento de aulas 69
exemplo de alfabetizar 89
exemplo de alocação orçamentária 65

exemplo de balanceamento de portfólio 79
exemplo de equilíbrio químico 67
exemplo de job shop 75
exemplo de problema do caixeiro viajante 87
exemplo de seleção de portfólio 83
exemplo de seleção publicitária 73
exemplo do caixeiro viajante 87

F

função objetivo 94
funções de penalidade
  exemplos 199
  explicadas 197
  usando 200

G

gene pool 175
Glossário 221
gráficos 55, 140

H

hill climbing
  exemplo 160
  uso do Solver 158

J

Janela de Progresso 133

M

meta da otimização 94
método de solução
  orçamento
    exemplo 83
método de solução agendamento
  descrição 106
  exemplo 69
método de solução agrupamento
  exemplo 79
método de solução orçamento

descrição 104
exemplo 65, 83
método de solução ordem
exemplo 75, 87
método de solução projeto
descrição 104
método de solução receita
exemplo 67, 89
método de substituição 207
métodos de solução 101
agendamento 106
exemplo 69
agrupamento 102
exemplo 79
orçamento 104
exemplo 65, 73
ordem 102
exemplo 75, 87
projeto 104
receita 101
exemplo 67, 89
métodos de solução
descrição 102
métodos de solução de orçamento
exemplo 73
métodos de soluçãodescrição 102
minutos 124
modelagem de incerteza 4
modelos contínuos 158

O

o processo de otimização com simulação 26
Observador 55, 139
Observador do RISKOptimizer 55, 139
opções do tempo para rodar a simulação 126
operador genético 111
Operadores 110, 111
otimização
métodos 153
o que é? 19

P

Palisade Corporation 9
Parar em convergência projetada 126
Parar em convergência real 126

Percentil 227
problemas
  baseados em tabela 162
  combinatórios 162
  lineares 159
problemas baseados em tabela 162
problemas com múltiplos objetivos 201
problemas combinatórios 162–63
problemas lineares 159

R

registro de dados de simulação 53
Remoção do RISKOptimizer 11
Requisitos mínimos 10
restrição de iteração 29, 114, 196
restrição de simulação 29, 114, 115, 196
restrições 193–201
  implementação 207
restrições flexíveis 114, 116
restrições flexíveis ou soft 196
restrições rígidas 114
RISKOptimizer
  o que é? 17
  Tutorial 14
rotina de seleção 205
rotinas GRG 158

S

solução global
  solução local 158
solução local
  solução global 158
Solver 158
Solver do Excel 158
Suporte Técnico 8–10

T

taxa de crossover 142
  o que faz 108
taxa de mutação
  como é implementada 207
  o que faz 109
taxa de mutação 142

tutorial 14

V

velocidade, aumentando 203
Versão Estudante 10